

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

**USO DE MAPAS 3D PARA NAVEGAÇÃO VIRTUAL: UMA
ABORDAGEM COGNITIVA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de
Ciências da Terra, Universidade Federal do
Paraná, como requisito final à obtenção do título
de Doutor em Ciências Geodésicas.

Orientadora: Profa Dra Luciene S. Delazari

CURITIBA

2012

“Ampla é o horizonte para aquele que atinge o alto da montanha”

- Fr. Lewis (R+C)

“Fortes são aqueles que transformam em luz o que é escuridão”

- Anônimo

Dedico esse trabalho:

aos meus pais Juarez e Isolda (*in memoriam*),
aos meus filhos César Augusto e Marina Sofia,
à minha esposa Rafaela,
à minha irmã Vivian Consuelo.

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCIO AUGUSTO REOLON SCHMIDT

"USO DE MAPAS 3D PARA NAVEGAÇÃO VIRTUAL: UMA ABORDAGEM
COGNITIVA"

Tese nº 79 aprovada como requisito parcial do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora:



Prof^a. Dr^a. Luciene Stamato Delazari
Departamento de Geomática, UFPR



Prof. Dr. Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva
Instituto Militar de Engenharia , IME



Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi
Universidade Estadual Paulista, UNESP



Prof^a. Dr^a. Andrea Lopes Iescheck
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS



Prof. Dr. Tony Vinicius Moreira Sampaio
Departamento de Geografia, UFPR



Prof^a. Dr^a. Maria Cecília Bonato Brandalize
Departamento de Geomática, UFPR

Curitiba, 12 de março de 2012.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que direta ou indiretamente ajudaram na realização deste trabalho, em especial:

À minha orientadora, Prof. Dra. Luciene Stamato Delazari, pelo incentivo, pela confiança, apoio e paciência durante a realização desta pesquisa;

Aos membros das bancas em suas diferentes fases, Profa Dra. Claudia Robbi (UFPR) e prof Dr Luis Felipe Coutinho (IME), prof Dr Tony Vinicius Moreira Sampaio (UFPR), prof Dr Edmur Pugliesi (UNESP), profa Dra Maria Cecília Brandalize (UFPR), profa Dra Andrea Iescheck (UFRGS), prof Jorge Luis Centeno (UFPR) e prof Henrique Firkowski (UFPR) pelas avaliações e sugestões a este trabalho;

A todos os professores e alunos do Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, pela amizade e colaboração, mas em especial aos amigos André Mendonça, Ernesto Shibayama, Maurício I. Sejas, Marco Aurélio Nadal, Elmo Tanajura, Vagner G. Ferreira, Rodrigo Mikosz, Ricardo Vilar, Teotônio Marques, Alessandra Palmeiro, Fabiana A. Miranda, Karol Jamur, Diuliana Leandro.

RESUMO

O uso de representações cartográficas em três dimensões reúne as vantagens dos avanços tecnológicos para a manipulação e armazenamento de dados espaciais. No entanto, o conhecimento cartográfico necessário para construir essas representações não se desenvolveu como as tecnologias para construir estas representações. Como consequência, não existem princípios gerais para projetos cartográficos 3D e equívocos no processo de construção destes mapas podem restringir ou até mesmo impossibilitar a comunicação cartográfica adequada das posições das feições representadas e suas relações espaciais. Uma tarefa comum de uso de mapas 3D é a navegação virtual, realizada através de mapas topográficos. A navegação pode ser definida como o processo pelo qual o usuário determina a sua posição e orientação relativas a outros elementos da paisagem e usa esse conhecimento para chegar a outros locais. Entretanto, a determinação da orientação relativa não é uma tarefa trivial em ambientes virtuais. Este problema é agravado pela falta de conhecimento de como os usuários reagem à perspectiva da representação e às diferenças perceptivas em relação ao mapa topográfico convencional. Por isso existe a necessidade de adaptação das representações cartográficas para o ambiente 3D. Na literatura podem ser encontradas algumas ferramentas de navegação propostas, geralmente, como ferramentas eletrônicas análogas às utilizadas para navegar em ambientes reais. Entretanto, pouco se tem discutido em relação à solução de linguagem cartográfica para apoiar as tarefas geográficas. Esta pesquisa propõe o uso de algumas das variáveis visuais da cartografia temática para a construção da simbologia e avalia a influência destas na realização da navegação virtual. Para alcançar este objetivo, a pesquisa apresenta uma metodologia de teste que combina técnicas qualitativas e quantitativas para mensurar o grau de sucesso da proposição e apontar algumas soluções para problemas de navegação virtual. Os resultados apontam diferentes graus de percepção das variáveis visuais no processo de diferenciação de pontos de referência. Além disso, foram encontradas correlações com eficiência da navegação com mapas 3D e as capacidades individuais de localização, definição de hierarquias e a limitação de regiões na vista perspectiva.

Palavras-Chaves: Cartas Topográficas 3D; Navegação Virtual 3D

ABSTRACT

The use of cartographic representations in three-dimensional views gathers the advantages of technological advances for handling and storage of spatial data. However, the cartographic knowledge needed to build these representations has not been developed in the same way as technologies used to build them. As a consequence, there are not general principles of map design for 3D maps and, usually, misconceptions can be found on maps that restrain or even impair the suitable cartographic communication of the position of features represented and their spatial relations. A common task of map-use is the virtual 3D navigation, which is performed with topographic maps. Navigation can be defined as the process whereby someone determines his/hers position and orientation related to other elements of landscape and uses this knowledge to move to other locations. However, determination of relative orientation is not a trivial task on virtual environments. This problem is aggravated by the lack of knowledge of how users react to the perspective of the map 3D and perceptive differences in relation to conventional topographic maps. There's a need of adaptation of these representations to 3D. A few navigation assistance tools have been proposed in literature, usually as electronic tool similar to those used for navigating in real environments. This research proposes the use of some visual variables of thematic cartography for the construction of symbols and assesses their influence on the performance of virtual 3D navigation. For this assessment, this research presents a test methodology that combines qualitative and quantitative techniques to measure the degree of success of the proposal and indicate some solutions for virtual navigation. The results show different degrees of visual perception of the variables in landmarks differentiation. In addition, correlations were found with the efficiency of navigation with 3D maps and the individual capabilities of self-location, definition of hierarchies and limitation of regions in perspective view.

Key Words: 3D Topographical Maps, 3D Virtual Navigation

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	5
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.3. JUSTIFICATIVA	6
1.4. ORGANIZAÇÃO DA TESE.....	7
2. REPRESENTAÇÕES CARTOGRAFICAS 3D.....	9
2.1. REALIDADE VIRTUAL APLICADA À CARTOGRAFIA	10
2.1.1. Realidade virtual imersiva	11
2.1.2. Realidade aumentada	14
2.1.3. Realidade virtual não imersiva e sua aplicação na cartografia	16
2.2. RESUMO DO CAPÍTULO	20
3. EFEITOS DA REPRESENTAÇÃO DA TERCEIRA DIMENSÃO NA CARTOGRAFIA	21
3.1. CARTA TOPOGRÁFICA 3D.....	24
3.2. RESUMO DO CAPÍTULO	28
4. A TAREFA DE NAVEGAÇÃO E OS ASPECTOS COGNITIVOS DA SIMBOLOGIA 3D	29
4.1. COGNIÇÃO E MAPAS	30
4.2. ESQUEMAS COGNITIVOS USADOS NA NAVEGAÇÃO	37
4.2.1. Os problemas da navegação em mapas 3D	41
4.2.2. Metáforas para orientação e navegação	43
4.2.2.1. Orientação no modelo: diretrizes de Vinson para simbologia.....	43
4.2.2.2. Metáforas na interface mapa-usuário	47
4.3. RESUMO DO CAPÍTULO	51
5. ASPECTOS DA PERCEPÇÃO E PROPOSTAS PARA CONSTRUÇÃO DE SIMBOLOGIA 3D	52

5.1. PERCEPÇÃO EM MAPAS	52
5.1.1. Organização perceptiva, atenção e entendimento da imagem.....	55
5.1.1.a. Leis da Gestalt.....	57
5.1.1.b. Separação figura-fundo	62
5.1.2. Aplicação da organização perceptiva na discriminação da cena	65
5.1.2.a. Padrões (formas):.....	65
5.1.2.b. Cor:.....	67
5.1.2.c. Percepção de profundidade:.....	70
5.2. PROPOSTAS PARA CONSTRUÇÃO DE SIMBOLOGIA 3D	71
5.2.1. Princípios para simbologia de cartas topográficas 3D	75
5.3. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE HAEBERLING PARA MAPAS 3D	81
5.4. RESUMO DO CAPÍTULO	84
6. METODOLOGIA.....	86
6.1. PROJETO CARTOGRÁFICO PARA CONSTRUÇÃO DE MAPAS 3D PARA NAVEGAÇÃO VIRTUAL.....	86
6.1.1. Comunidade usuária	86
6.1.2. Materiais.....	87
6.2. MÉTODO PARA CRIAÇÃO DOS MAPAS 3D	88
6.2.1. Proposição para construção geral da carta	91
6.3. METODOLOGIA DE TESTES	96
6.3.1. Métodos de teste aplicados.....	97
6.3.1.a. Think aloud:.....	98
6.3.1.b. Questionários:	101
6.3.2. Avaliação dos testes.....	103
6.3.2.a. Análise qualitativa dos testes	103
6.3.2.b. Avaliação estatística.....	104
7. RESULTADOS	108

7.1. SIMBOLOGIA PARA O MAPA 3D	108
7.1.1. Proposição geométrica	108
7.1.2. Proposição de solução para linguagem cartográfica.	112
7.1.3. Diferenciação dos pontos de referência	114
7.1.4. Proposição de solução para a apresentação	122
7.1.5. Resumo da proposição e construção dos mapas 3D	124
7.2. TESTES	125
7.2.1. Teste 1: Efeito do ângulo de abertura na percepção dos usuários.....	129
7.2.2. Teste 2: Efeito das variáveis visuais na diferenciação dos pontos de referência	131
7.2.3. Resumo dos testes.....	137
7.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS	138
7.3.1. Caracterização da amostra	138
7.3.2. Análise dos testes	141
8. CONCLUSÕES	169
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	174

INDICES DE FIGURAS

FIGURA 1: MATERIA ESCURA DE PLANCK.....	9
FIGURA 2: SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA (HMD).	12
FIGURA 3: EXEMPLO DE RV IMERSIVA UTILIZANDO A CAVERNA.....	13
FIGURA 4: REALIDADE AUMENTADA EM UM SMARTPHONE.	15
FIGURA 5: EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA TRIDIMENSIONAL.	17
FIGURA 6: VISTA DO MODELO URBANO DO CENTRO DE NOVA IORQUE.	18
FIGURA 7: A) DISTRIBUIÇÃO DA ESPÉCIE DE PÁSSARO SYLVIA CURRUCAS; B)_APLICAÇÃO DE TEXTURA (IMAGEM DE SATÉLITE) SOBRE MDT.....	19
FIGURA 8: COMANDOS DE INTERAÇÃO DO PLUGIN CORTONA 6.....	22
FIGURA 9: COMANDOS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO DO ATLAS DA SUÍÇA.	23
FIGURA 10: OS ELEMENTOS DO SIGNO E A SEMIOSE.....	30
FIGURA 11: ESQUEMA DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NA CONSTRUÇÃO DE_MAPAS COGNITIVOS.	31
FIGURA 12: EXTRATO DAS REFERÊNCIAS DE LYNCH (1960).....	44
FIGURA 13: ESQUEMA DO PROCESSO DA VISÃO DE MARR.....	52
FIGURA 14: EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA PROXIMIDADE A PONTOS.....	58
FIGURA 15: EXEMPLO DE SEMELHANÇA.....	58
FIGURA 16: EXEMPLO DE PREGNÂNCIA DA FORMA.....	59
FIGURA 17: SEPARAÇÃO DE LINHAS CURVAS E RETAS DEVIDO A BOA CONTINUIDADE.	60
FIGURA 18: EXEMPLO DE FECHAMENTO.....	61
FIGURA 19: ORGANIZAÇÃO DE FORMAS PELA SIMPLICIDADE.	61

FIGURA 20: HETEROGENEIDADE ATRAVÉS DA VARIAÇÃO DO CONTRASTE DA FIGURA SOBRE O FUNDO.....	63
FIGURA 21: DEFINIÇÃO DA FIGURA ATRAVÉS DO CONTORNO	64
FIGURA 22: SIMBOLOS DE UMA MESMA CLASSE DE FEIÇÃO EM POSIÇÕES DIFERENTES EM RELAÇÃO AO OBSERVADOR.	65
FIGURA 23:OBJETOS SIMPLES CONSTRUÍDOS A PARTIR DE GEONS	67
FIGURA 24: REPRESENTAÇÃO DOS CANAIS DE CORES DO OLHO HUMANO.	69
FIGURA 25: RODA DE CORES E DIFERENÇAS EM MATIZ, VALOR DE COR E SATURAÇÃO.....	69
FIGURA 26: PASSOS DO PROJETO CARTOGRÁFICO	71
FIGURA 27: UMA IGREJA EM DIFERENTES GRAUS DE GENERALIZAÇÃO.	78
FIGURA 28: FOTOREALISMO USADO EM SIG 3D: PONTO DE VISTA EM PERSPECTIVA (A) PRÓXIMO DA VERTICAL E (B) PRÓXIMO A 45°.....	79
FIGURA 29: EFEITO DE NÉVOA APLICADO A UMA CARTA TOPOGRÁFICA SOBRE_MDT: A) SEM NÉVOA, B) NÉVOA LEVE E C) NÉVOA Densa.	80
FIGURA 30: EFEITO DA MUDANÇA DO ÂNGULO DE VISADA EM RELAÇÃO AO HORIZONTE (ÂNGULO DE DECLINAÇÃO).	82
FIGURA 31: EFEITO DA ALTERAÇÃO DA ESCALA PELA PERSPECTIVA DA CÂMERA.....	82
FIGURA 32: MAPA 3D.	83
FIGURA 33: FLUXOGRAMA DA PROPOSIÇÃO METODOLOGICA.....	86
FIGURA 34: LOCALIZAÇÃO DA AREA DE TESTE.....	88
FIGURA 35: IMAGEM EM TONS DE CINZA A PARTIR DO TIN.....	89
FIGURA 36: PROPOSIÇÃO E VARIÁVEIS TESTADAS.....	91
FIGURA 37: SIMBOLOGIAS 3D COM DIFERENTES GRAUS DE REALISMO	93

FIGURA 38: LEGENDA DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO NA ESCALA 1:50.000	94
FIGURA 39: PARÂMETROS DA CÂMERA NO PROJETO CARTOGRÁFICO 3D.....	95
FIGURA 40: GRADE RESULTANTE DA COMPARAÇÃO DE IMAGENS DO TESTE.....	102
FIGURA 41: MDT COM APLICAÇÃO DE TEXTURA.....	108
FIGURA 42: RODOVIAS REPRESENTADAS NO MAPA 3D	110
FIGURA 43: VEGETAÇÃO NO MAPA 3D.....	111
FIGURA 44: LEGENDA DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	113
FIGURA 45: LEGENDA DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO	114
FIGURA 46: SITUAÇÕES PARA DISPOSIÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA.	116
FIGURA 47: APLICAÇÃO DA VARIÁVEL VISUAL TAMANHO.	119
FIGURA 48: APLICAÇÃO DA VARIÁVEL VISUAL FORMA.	120
FIGURA 49: APLICAÇÃO DA VARIÁVEL VISUAL VALOR DE COR.	121
FIGURA 50: ÂNGULOS DE ELEVAÇÃO E DECLINAÇÃO DA CÂMERA	122
FIGURA 51: NÍVEL DE DETALHES APLICADOS A REPRESENTAÇÃO DE IGREJAS E POSTE DE ILUMINAÇÃO	123
FIGURA 52: EFEITO DE ILUMINAÇÃO FOCAL.....	123
FIGURA 53: EFEITO DA VARIAÇÃO DO ÂNGULO DE ABERTURA DA CAMERA.....	130
FIGURA 54: TESTE DE ESTIMATIVA DE DISTÂNCIA SEM E COM MALHA	130
FIGURA 55: IMAGENS GERADAS COM DIFERENTES VARIÁVEIS VISUAIS: a) FORMA, b)_VALOR DE COR, c) TAMANHO.	134
FIGURA 56: MODELO DA FICHA DE ANÁLISE DAS GRAVAÇÕES DO THINK ALOUD	136

FIGURA 57: a) CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO DE TESTE e b) TEMPO DE ATUAÇÃO_PROFSSIONAL.....	139
FIGURA 58: TIPOS DE PROGRAMAS PARA CONSTRUÇÃO DE MAPAS UTILIZADOS PELOS PARTICIPANTES	140
FIGURA 59: PARTICIPANTES DOS TESTES NA UFU E UFPR	141
FIGURA 60: EXEMPLO DE POSICIONAMENTO DE FEIÇÕES NÃO ADEQUADO.....	143
FIGURA 61: IMAGEM DA CARTA TOPOGRÁFICA DA REGIÃO DO TESTE 1	144
FIGURA 62: FICHAS DO TESTE 1 COM O PROTOCOLO THINK ALOUD..	146
FIGURA 63: a) IMAGEM DO TESTE 2 E b) CROQUI COM A RESPOSTA COM CORRETA IDENTIFICAÇÃO	150
FIGURA 64: a) MAPA TOPOGRÁFICO COM A SOLUÇÃO DO TESTE, b) CROQUI COM ERRO DE ORIENTAÇÃO E c) CROQUI COM ORIENTAÇÃO CORRETA.....	153
FIGURA 65 IMAGEM DE TESTE COM PONTOS DE REFERÊNCIA IDENTIFICADOS.....	154
FIGURA 66: CROQUI DO MAPA 3D COM VARIÁVEL VISUAL FORMA	155
FIGURA 67: NÚMERO DE VARIÁVEIS VISUAIS CORRETAMENTE IDENTIFICADAS	155
FIGURA 68: CROQUI DO MAPA 3D COM REPRESENTAÇÃO EM PERSPECTIVA	156
FIGURA 69: DIFERENTES REPRESENTAÇÕES DA SIMBOLOGIA DO MAPA 3D.....	160
FIGURA 70: a) CROQUI REALIZADO POR PARTICIPANTE E b) IMAGEM RESULTANTE DO MAPANALYST	162
FIGURA 71: a) CROQUI DO MAPA 3D E b) CROQUI DA CARTA TOPOGRÁFICA 2D PELO MESMO PARTICIPANTE.....	164

INDICES DE TABELAS

TABELA 1: Inventário de aspectos de produto para simbologia em mapas 3D.	73
TABELA 2: Classes de feições tratadas no projeto cartográfico do mapa 3D..	92
TABELA 3: Perguntas geográficas e as tarefas associadas no uso de mapas.	98
TABELA 4: Resumo das configurações dos aspectos de produto para a proposição da linguagem cartográfica.....	125
TABELA 5: Resumo das injunções para a proposição da linguagem cartográfica.....	125
TABELA 6: Parâmetros de teste.	137
TABELA 7: Significância dos parâmetros geométricos	166
TABELA 8: Significância entre pontos de referência e dados dos formulários	167

LISTA DE SIGLAS

- AGPS: Esta sigla se refere ao GPS assistido (AGPS). Um sistema A-GPS recebe dados de suporte através de uma conexão de dados como GPRS ou 3G, para determinar a posição do dispositivo, geralmente um celular. O AGPS apresenta a vantagem de reduzir o tempo que um aparelho com GPS leva para localizar a sua posição inicial, conhecido como Tempo de Localização Inicial (TTFF).
- Depth Cues: Estímulos visuais causados pela presença de certos objetos ou feições em ambientes reais ou virtuais que permitem a comparação e a inferência de distância ao longo da linha de visada.
- HDM: A *Head-Mounted Display* ou *Helmet Mounted Display* são dispositivos que integram visores, câmeras de vídeo, microfones e fones de ouvido em um capacete, ou uma estrutura semelhante, usados na cabeça do usuário para reproduzir a sensação de imersão. Os sistemas de visão podem ser mono ou binocular, chamado de monocular HMD ou binocular HMD, respectivamente.
- PDA: A sigla para *Personal Digital Assistants* ou assistente pessoal digital, ou palmtop, é um computador de dimensões aproximadas de uma folha em tamanho A6.
- Smartphone: é um aparelho celular com funcionalidades estendidas por meio de programas executados por seu sistema operacional. Geralmente um smartphone possui capacidade de conexão com redes de dados para acesso à internet, de sincronização de dados com um computador pessoal.
- Tablet: São dispositivos para acesso à Internet, organização pessoal, visualização de fotos, vídeos, leitura de livros, jornais e revistas e para entretenimento com jogos. Como dispositivo de entrada principal os tablets apresentam uma tela sensível ao toque.

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes virtuais tridimensionais têm um importante papel nos processos de exploração de dados espaciais e visualização científica, pois permitem a pesquisadores projetar e desenvolver testes para avaliar o comportamento de usuários de produtos cartográficos, nos quais o pesquisador tenha o total controle sobre o que está sendo representado (Rinaldi et al, 2006). Esta forma de representação apoia o usuário na criação de uma imagem mental global da área e da variação do fenômeno, e é uma contribuição importante, pois além da leitura de mapas não ser uma tarefa trivial, não se pode garantir que todos os usuários interpretem a simbologia de modo consistente de forma a perceber sua variação ao longo de toda representação de maneira uniforme.

A eficácia dos mapas 3D como forma complementar de exploração de dados pode ser evidenciada, por exemplo, na pesquisa de Schobesberger e Patterson (2008). Estes autores concluíram que, para praticantes de caminhadas em trilhas do Parque Nacional de Zion, os mapas 3D permitem que usuários determinem sua posição de forma mais precisa e facilitam a compreensão da paisagem. Esta pesquisa ajudou a evidenciar um dos principais papéis dos mapas 3D, que é o de comunicar a variação do fenômeno (relevo ou atributo) de maneira global. Por essa razão é importante que a simbologia da representação 3D destaque o relacionamento das feições de modo eficaz e permita ao usuário uma ampla percepção do conjunto de informações representadas.

Entretanto, na cartografia o uso dessas representações se antecipou ao conhecimento necessário para se construir ambientes e representações de maneira adequada à comunicação cartográfica. Ainda não é possível se encontrar na literatura consenso sobre as terminologias e métodos de aplicação destas tecnologias ao que está sendo chamado de Cartografia 3D, apesar da denominação “mapa 3D” ser aceita em grande parte da literatura científica. Diferentes abordagens no mapeamento 3D têm sido investigadas nos últimos anos para o desenvolvimento de representações topográficas e temáticas. Os mapas 3D são criados com a adaptação de critérios e princípios

desenvolvidos para mapas em papel aplicados a visualização cartográfica em meio digital com vista perspectiva, sem se avaliar como as diferenças deste novo meio influenciam a eficiência e eficácia na comunicação cartográfica.

Frente à falta de teorias que apoiem este novo segmento da cartografia pode-se criar mapas 3D de diferentes maneiras. O processo de criação de um mapa 3D, topográfico ou temático, ainda apresenta muitas questões abertas à pesquisa. Dependendo do nível de detalhe, soluções para generalização, simbologia, interatividade, projeto de interface e as deformações causadas pela projeção cartográfica na vista perspectiva, o resultado pode ser uma representação inconsistente e de difícil entendimento. Este efeito negativo pode ser agravado devido a mudanças de escala e a constante alteração do ponto de vista causada pela navegação interativa.

No contexto de cartas topográficas 3D, a tridimensionalidade é aplicada às informações altimétricas como forma de evidenciar as variações do relevo e demais feições sobre o mesmo. As pesquisas desenvolvidas até o momento, com destaque para Haeberling et al (2008) e Haeberling (1999; 2002; 2004), buscam determinar regras gerais para nortear o processo de construção da simbologia para essas representações. Para estes autores, todos os aspectos do projeto de símbolos são agrupados por características semelhantes que se relacionam à definição geométrica do símbolo, à sua aparência visual (aplicação das variáveis visuais) e a fatores que influenciam a percepção dos símbolos, como iluminação e sombreamento. Na estruturação destes autores estas características básicas são chamadas respectivamente de aspectos de modelo, aspectos gráficos, e aspectos de visualização. A linguagem cartográfica para cartas topográficas 3D é então construída com base nos diferentes efeitos do arranjo ou aparência dos objetos representados no mapa, os quais o cartógrafo pode controlar através da manipulação desses aspectos. Entretanto, existem muitas possibilidades para se combinar cada grupo de aspectos e cada alteração no seu espectro de variação produz um efeito específico (Haeberling, 2002).

Uma abordagem na busca de uma solução para a simbologia de cartas topográficas 3D consiste em construí-la de forma semelhante ao projeto cartográfico temático, ainda que a finalidade de uso da carta seja geral. A adoção desta abordagem possibilita ao cartógrafo tomar decisões na

construção da simbologia que focam os interesses de uso da representação. O aparente conflito de conceitos desta abordagem se dilui ao se considerar os efeitos visuais atribuídos pela vista perspectiva. Nesta vista, existe a necessidade em diferenciar símbolos que se apresentem parcialmente encobertos ou que visualmente se sobreponham a partir de um ponto de vista, ou ainda que nas situações que um mesmo símbolo pode se apresentar contra diferentes fundos. Estes efeitos são estudados pela cognição, em especial os conceitos de separação figura-fundo, agrupamentos, contraste relativo e organização visual.

Estas considerações são importantes quando se trabalha com usuários que buscam as representações tridimensionais como fonte de conhecimento espacial para análise e tomada de decisões. Por estas razões, a pesquisa desenvolvida nesta tese avalia o cumprimento da tarefa de navegação usando cartas topográficas 3D por usuários especialistas em mapas, geógrafos e cartógrafos.

A navegação é definida, por Darken e Peterson (2001), como o processo que agrega orientação e movimento pelo qual as pessoas determinam sua posição relativa e a posição relativa de outros elementos da paisagem, como forma de chegar a outros locais a partir de uma posição. Estes autores atribuem ao sentido de orientação a parcela cognitiva da navegação, sem considerar qualquer tipo de movimento, que é responsável pelas decisões táticas e estratégicas que orientam o movimento. Estes autores afirmam ainda que a parte essencial do sentido de orientação é o desenvolvimento e uso de mapas cognitivos como forma de apoiar as decisões tomadas durante a navegação.

A aplicação das cartas topográficas 3D para esta tarefa traz o problema de se determinar como os usuários geram conhecimento espacial a partir do seu uso na navegação virtual e como armazenam as informações espaciais em suas representações internas. Para responder a esta questão, esta pesquisa adota a hipótese de que uma simbologia projetada para o uso específico na navegação 3D, que evidencie feições com potencial de serem usadas como pontos de referência, auxilia na manutenção da orientação do usuário que executa a navegação virtual e contribui na aquisição de conhecimento sobre a região mapeada.

A comprovação desta hipótese será realizada através dos resultados de testes de navegação a partir da comparação da proposição para simbologia de cartas topográficas 3D, definida em função do grau de generalização, aplicação de variáveis visuais, e carta topográfica convencional. Utilizando-se a nomenclatura sugerida por Haerberling et al (2008) e Haerberling (1999; 2002) (aspectos de modelo, gráficos e de visualização), os símbolos construídos deverão permitir que os usuários determinem sua posição e orientação relativas e estimem as distâncias destas posições aos pontos de referência globais e locais da representação. Estes elementos são essenciais para a navegação, pois permitem aos usuários perceber as relações espaciais entre as feições representadas e determinar a sua posição relativa a estas feições e tomar decisões táticas e estratégicas para se movimentar na representação (Darken e Sieber, 1993). Estas decisões se apoiam nos seus mapas cognitivos construídos a partir da aquisição de informações das representações e se referem a navegação local e global, respectivamente às decisões táticas ou estratégicas do movimento guiado. Os resultados dos testes de navegação em cartas topográficas 3D evidenciarão como este tipo de simbologia é percebido e como a distribuição espacial dos símbolos é armazenada no mapa cognitivo do usuário.

Esta pesquisa aplica uma metodologia de testes qualitativos a partir da combinação de diferentes métodos aplicados à avaliação de uso de mapas apresentados na literatura. A adoção de testes qualitativos foi apresentada de diferentes formas por autores como Vinson (1999), Darken e Paterson (2001), Haerberling (1999; 2002; 2004), Tory et al (2004), Harrower e Shessley (2005), Davies e Peebles (2006), Haerberling et al (2008) e Fosse (2008), entre outros. Entretanto, nestas pesquisas não se encontram quais são os elementos que permitem ao usuário navegar na representação tridimensional e manter o sentido de orientação baseado na simbologia.

A pesquisa realizada nesta tese adota como comunidade usuária os professores e alunos de pós-graduação do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e do Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Estas comunidades foram selecionadas em vista da sua experiência no uso de mapas e sua capacidade de análise espacial. Espera-se que erros de

interpretação da simbologia das representações sejam minimizados nas respostas dos testes, salvaguardados vícios de leitura de mapas que podem ocorrer entre especialistas. Os resultados desta pesquisa podem contribuir para propiciar embasamento científico na construção de representações cartográficas virtuais que forneçam uma percepção geral de representações de terreno e suas variações como meio de construir uma imagem mental adequada da região.

1.1. OBJETIVOS

Nesta pesquisa pretende-se demonstrar que a simbologia para cartas topográficas tridimensionais, construída segundo os princípios da cartografia temática, de modo a evidenciar pontos de referência, auxilia usuários especialistas em mapas a manter sua orientação durante a navegação realizada em ambiente virtual não imersivo, como forma de contribuir para a aquisição de conhecimento da região.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar as proposições apresentadas na literatura para projeto cartográfico 3D;
2. Analisar como a orientação baseada em representações 3D difere da orientação com uso de representações 2D;
3. Determinar as influências das configurações de ângulo de abertura da câmera no entendimento da distribuição espacial em termos da posição e distâncias relativas entre as feições representadas;
4. Analisar como as variáveis visuais forma, tamanho e valor de cor influenciam a percepção do símbolo e a separação figura-fundo na proposição de simbologia;
5. Analisar o grau de aquisição de conhecimento e capacidade de navegação virtual em cartas topográficas 3D, utilizando a estimativa posicional, de distância e da manutenção da orientação por pontos de referência;

6. Avaliar estatisticamente as divergências dos pontos de referência (posição, orientação e atributos) e rota, através de testes de percepção e cognição da carta topográfica 3D em relação ao mapa topográfico convencional para determinar a confiabilidade dos resultados e determinar a usabilidade da proposta.

1.3. JUSTIFICATIVA

A expansão das possibilidades e facilidades advindas da passagem da criação e produção de mapas do meio analógico para o digital ocorrido, principalmente, nos últimos vinte anos possibilitou um incremento nas capacidades de manipulação e apresentação de dados sem precedentes. Entretanto, a teoria de projeto cartográfico desenvolvida para mapas analógicos foi adaptada ao meio digital sem se estudar como o processo de comunicação/percepção foi alterado. Acrescenta-se a isto a falta de conhecimento de como construir representações eficientes para transmissão da informação e como usuários reagem a esta nova perspectiva. Esta situação cria problemas no estabelecimento da comunicação cartográfica em mapas 3D. Compreender como tratar e desenvolver o projeto cartográfico para cartas topográficas 3D é de fundamental importância para que estas novas técnicas e ferramentas sejam utilizadas de modo que os mapas possam comunicar adequadamente.

As cartas topográficas têm sua simbologia normatizada pela ABNT até a escala 1:5.000 e os dados presentes na base, bem como a generalização cartográfica aplicada, são realizadas em função do uso geral da carta. Porém, a simbologia convencional para mapas de uso geral não é suficiente em representações 3D, devido a questões relacionadas à vista perspectiva (Haeberling, 1999 e 2002; Terreibilini, 2001; Petrovic, 2003 e Haeberling et al, 2008).

Este tema tem sido pouco explorado e não há teoria consolidada sobre o tema. Além disso, a representação tridimensional é explorada na criação de jogos e simuladores, sempre com a grande riqueza de detalhes fornecidas pelas imagens de satélites ou de fotos aéreas. A consequência direta disto é

que os dados espaciais são apresentados sem refinamento e redução de dimensionalidades como ocorre na cartografia. Em outras palavras, as representações 3D encontradas em trabalhos, apresentações e sites de internet, não atendem aos princípios de comunicação cartográfica. Entre os problemas mais comuns destacam-se a grande quantidade de informação não classificada e não generalizada, problemas de interação e navegação com os modelos, e a evidente falta de teoria consolidada para nortear o processo de visualização de dados espaciais.

Por estas razões, esta pesquisa objetiva permitir ao usuário manter seu sentido de orientação, enquanto explora a representação, e construir imagens mentais de maneira a compreender a região e o fenômeno de maneira global. Para esse propósito, se faz necessário que a construção da simbologia para cartas topográficas 3D seja desenvolvida de forma semelhante ao realizado no projeto cartográfico para mapas temáticos. Por isso, esta proposta incorpora os conceitos de nível de medida e variáveis visuais do mapeamento temático na construção de uma linguagem cartográfica tridimensional de referência geral.

Esta pesquisa tem o propósito de contribuir para o conhecimento em como se estabelecer uma linguagem cartográfica voltada ao uso da navegação virtual não imersiva, uma vez que o conhecimento sobre o tema ainda não está consolidado e as proposições existentes são empíricas e carecem de validação. O conhecimento gerado nesta pesquisa aumentará a consistência entre o projeto cartográfico e a navegação em representações 3D, pois é necessário definir e entender como os aspectos de projeto, usados na construção dos símbolos, a disposição das feições e as ferramentas virtuais para navegação 3D se relacionam com a tarefa geográfica de navegação. Isto justifica a proposta desta pesquisa como forma contribuir no estabelecimento do conhecimento científico necessário para construção de representações cartográficas tridimensionais que atendam ao princípio maior da cartografia: a comunicação cartográfica através de simbologia apropriada.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA TESE

No capítulo 2 é discutida a realidade virtual suas implicações na cartografia como forma de contextualizar a pesquisa. O capítulo 3 discute o

efeito do uso da terceira dimensão na cartografia e apresenta o conceito de carta topográfica 3D e as mudanças no projeto cartográfico. O capítulo 4 explorar aspectos da cognição espacial ligados a leitura de mapas navegação virtual resultante das alterações na representação. O capítulo 5 revê aspectos da visão e percepção e discute as mudanças em relação a representações perspectivas 3D. O capítulo 6 apresenta a proposição metodológica para criação da representação 3D e dos testes realizados com usuários especialistas. O capítulo 7 apresenta os resultados obtidos para a simbologia e os testes e o último capítulo apresenta as conclusões desta pesquisa bem como encaminhamento para sua continuação.

Nesta tese existe a preocupação com a terminologia adotada em outras pesquisas de modo a manter a coerência dos termos adotados na literatura científica. Durante toda a tese o termo 3D se refere a 2,5D, pois não serão tratadas questões sobre interpolação e visualização de volumes. Adotou-se esta terminologia, pois na literatura científica as representações de superfícies e símbolos sobre estas superfícies são genericamente tratadas como modelos ou representações 3D.

2. REPRESENTAÇÕES CARTOGRAFICAS 3D

O adágio que diz que uma imagem vale por mil palavras é verdadeiro no contexto da visualização de dados. O objetivo das representações de dados espaciais é explicitar padrões e processos do mundo real através de um sistema no qual o pesquisador detenha o controle e que permita ao usuário explorar as diferentes características do fenômeno. A capacidade de computação dos dados envolvida muitas vezes influencia a qualidade da representação. Por isso as representações de dados espaciais se desenvolvem numa estreita relação com o desenvolvimento computacional agregando novas tecnologias, cada vez mais poderosas no processamento e representação desses dados. Por representações visuais se entende as descrições pictóricas de imagens mentais, incluindo mapas, gráficos, geradas ou não por computador. Estas representações são realizadas de maneira diferente na visualização científica e na visualização cartográfica.

A visualização científica (ViSC) provê flexibilidade, sofisticação e interação na representação de dados espaciais, como forma complementar a visualização realizada por mapas (Longley et al, 2005). Este ramo da ciência agrega diferentes tipos e métodos de representação, mas algumas das suas técnicas aplicadas a dados geográficos não são consideradas espaciais, mas correlatas, como a generalização, interpolações de dados, visualização de incertezas e gráficos de coordenadas paralelas (Longley et al, 2005). A figura 1 apresenta um exemplo de ViSC aplicada a avaliação de matéria escura de Planck.

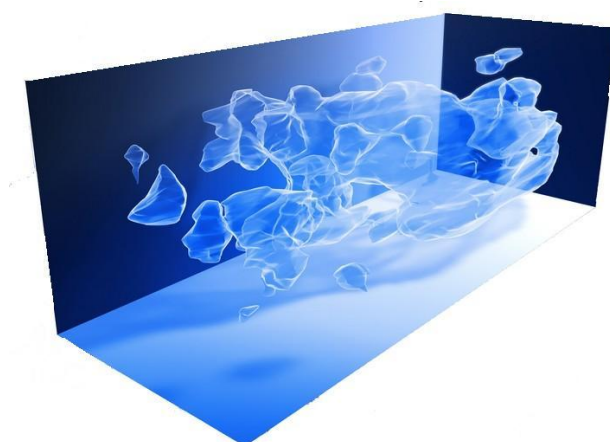


FIGURA 1: MATERIA ESCURA DE PLANCK

FONTE: <http://entrononentro.haaan.com/planck-a-mquina-do-tempo/>

A representação de dados espaciais como realizada pela cartografia é um dos focos mais interessantes e complexos para a criação de produtos adequados a gerar *insight* no pesquisador. O objetivo destas representações é explicitar padrões e relações entre dados espaciais. Historicamente, a principal ferramenta de representação deste tipo de dado são os mapas. Entretanto, a cartografia 3D foi impulsionada pelo rápido avanço tecnológico de captura, manipulação e apresentação de dados espaciais, e usufrui das possibilidades que a Realidade Virtual (RV) e da interação que os equipamentos disponibilizam. Uma das razões do crescente interesse por este tipo de representação é a flexibilidade em manipular a cena e o aspecto visual da imagem resultante em ambientes virtuais (Rinaldi et al, 2006).

2.1. REALIDADE VIRTUAL APLICADA À CARTOGRAFIA

A criação de ambientes virtuais é realizada através de um conjunto de tecnologias chamada Realidade Virtual. A flexibilidade para alterar parâmetros e objetos na visualização é uma das características mais importantes na justificativa do uso destas tecnologias. A RV é uma linha de pesquisa transdisciplinar que permite ao usuário interagir com ambientes simulados por computador onde os usuários podem explorar as representações em tempo real através da utilização de dispositivos de entrada, como um teclado e mouse, ou através de dispositivos multimodais como luvas especiais, braços mecânicos e outros equipamentos mais sofisticados. Essa interação agrega diversas técnicas, dispositivos e linguagens de programação para o desenvolvimento de ambientes que simulem ou emulem a realidade, e sobre a qual o pesquisador pode ter total controle (Rinaldi et al, 2006). O ambiente criado pelo pesquisador pode se assemelhar ao mundo real ou diferir da realidade, como nos jogos eletrônicos, ou ainda pode combinar elementos da realidade e realidade virtual, conter animações e funcionalidades, ser interativo e colaborativo¹ (Rinaldi et al, 2006).

¹ O termo colaborativo, neste contexto, significa um ambiente que pode ser usado e editado por diferentes autores, simultaneamente ou não, mesmo que acessado remotamente via internet.

Longley et al (2005) apontam que apesar das representações bidimensionais serem a maioria das representações em SIG, o uso de representações tridimensionais vem crescendo. Estas representações são estreitamente relacionadas com o desenvolvimento de programas e equipamentos que permitem aos usuários (Longley et al, 2005):

- Selecionar ambientes e diferentes pontos de vista do fenômeno;
- Mover-se por estas representações em tempo real através de mudanças incrementais controladas pelo próprio usuário;
- Reposicionar ou rearranjar os objetos que compõem as cenas;
- Representar a si mesmo como indivíduos virtuais (*avatares*) que interagem com os objetos da cena e outros *avatares* conectados criando uma rede virtual mundial;
- Desenvolver novos tipos de representação e modelagem.

A maioria dos atuais ambientes de realidade virtual são experiências essencialmente visuais, sejam exibidos em uma tela de computador ou através de exposições especiais, que incluem informações sensoriais adicionais, como o som através de alto-falantes ou fones de ouvido. A inclusão de várias fontes de informação sensorial está relacionada a um importante desdobramento ocorrido da RV que é a imersão. A ideia de imersão é ampla e variada, mas está ligada com o sentimento de estar dentro do ambiente (Rinaldi et al, 2006). Este conceito divide a realidade virtual em imersiva, não imersiva, e numa combinação das duas, chamada realidade aumentada.

2.1.1. Realidade virtual imersiva

Um ambiente imersivo é um ambiente interativo, criado em computador no qual o usuário se sente completamente inserido. Normalmente, um sistema imersivo é obtido com o uso de capacete de visualização e luvas com sensores, mas existem também sistemas imersivos baseados em salas com projeções das vistas nas paredes, teto, e piso, chamadas CAVE (Zuffo, 2001).

Para obter sucesso no sentimento de imersão, o ambiente virtual depende de muitos fatores, como gráficos tridimensionais bem executados e processados de modo que o usuário não perceba qualquer alteração na imagem durante seu deslocamento (Rinaldi et al, 2006). Além do fator visual,

os dispositivos que estimulam os outros sentidos também são importantes para o sentimento de imersão, como o som ambiente (*sound surround*), os métodos de interação e a simplicidade e funcionalidade dos dispositivos de interação (Buxton e Fitzmaurice, 1998). A figura 2 apresenta o HMD (*Head Mounted Device*). O dispositivo permite ao usuário sentir a sensação de imersão por meio de imagens estereoscópicas apresentadas em duas telas de LCD na posição das lentes dos óculos, enquanto o som, controlado via software, é emitido ao usuário por fones de ouvido. A interação é realizada através da luva que contém sensores para captar movimentos e determinar a posição das mãos em determinado instante.



FIGURA 2: SISTEMA DE REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA (HMD).
FONTE: Buxton e Fitzmaurice (1998)

Outros exemplos de interação são BOOM (*Binocular Omni-Orientation Monitor*) e a caverna (CAVE) (*Cave Automatic Virtual Environment*) (Cruz-Neira et al, 1993). O BOOM é um dispositivo semelhante ao HMD com visão estereoscópica. Telas de LCD e um sistema óptico são alojados em uma caixa conectada a um braço mecânico. O usuário olha para a caixa através do sistema óptico para observar o mundo virtual, porém seus movimentos são limitados pela extensão do braço mecânico.

A CAVE fornece a ilusão de imersão através da projeção de imagens estereoscópicas nas paredes, piso e teto de uma sala adaptada. Várias

peessoas podem entrar e caminhar livremente dentro da caverna. A figura 3 apresenta um exemplo de CAVE desenvolvido na USP por Zuffo (2001).

Uma solução semelhante a CAVE foi utilizada por Zanola (2009) em testes com usuários de representações cartográficas tridimensionais de ambientes urbanos para avaliar a influência do grau de realismo na simbologia tridimensional. Nesta pesquisa o autor usou projeções estereoscópicas em uma grande tela para que os usuários avaliassem a simbologia utilizando a imersão pelo tamanho da tela de projeção. Ou seja, a distância que os usuários se mantinham da tela era suficientemente pequena em relação ao tamanho da própria tela, a ponto de tornar possível a sensação de imersão.



FIGURA 3: EXEMPLO DE RV IMERSIVA UTILIZANDO A CAVERNA.
FONTE: Zuffo (2001).

As características da realidade virtual imersiva que utilizam equipamentos e salas que mais se destacam são (Zuffo, 2001):

- A visualização referenciada pela posição da cabeça do usuário fornece uma interface natural para a navegação no espaço tridimensional e por meio de recursos adicionais é possível simular caminhadas e voos;
- A visualização estereoscópica reforça a percepção de profundidade e a sensação de estar no espaço;

- É possível realizar interações realísticas com objetos virtuais através de *datagloves* e outros dispositivos semelhantes que permitem manipular, operar e controlar objetos destes mundos virtuais;

Como desvantagem, esta tecnologia é muito dependente de equipamentos e computadores com grande capacidade de processamento. A simulação do ambiente precisa ser realizada no local de instalação do equipamento e o custo para criação e manutenção destes ambientes é bastante elevado. Como aplicação na cartografia esta tecnologia enfrenta algumas limitações como o espaço e a imutabilidade da sala de projeção e equipamentos, além dos custos para operacionalizar as representações.

2.1.2. Realidade aumentada

Realidade aumentada é um termo utilizado para uma exibição de imagens do mundo real com elementos virtuais mesclados por meio de computadores, ou seja, criação de uma realidade mista. A inclusão dos elementos virtuais é convencionalmente realizada em tempo real e no contexto do ambiente, como por exemplo, as bandeiras dos times de futebol sobre o gramado durante a execução dos hinos dos clubes no início de uma partida de futebol transmitida pela TV.

Esta tecnologia permite que informações complementares sejam recuperadas de bancos de dados e adicionadas à cena como uma camada de informação. Além disso, torna o mundo circundante do usuário interativo com uso de dispositivos como *smartphones*. Estes dispositivos são portáteis, acessíveis (Paay e Kjeldskov, 2007), possuem equipamentos GPS (AGPS) embutidos que permitem determinar sua posição, inclinômetros e acelerômetros que identificam a atitude do aparelho e, através da rede de celular, fazem a conexão a bancos de dados e recuperam informações (Delikostidis e Van Elzakker, 2009). Além dos *smartphones* alguns outros dispositivos são igualmente utilizados, como o HMD e PDAs. A figura 4 apresenta a adição da descrição de pontos de interesse para o usuário sobre a imagem filmada em tempo real através de um Smartphone.



FIGURA 4: REALIDADE AUMENTADA EM UM SMARTPHONE.
FONTE: Wagner et al, 2010.

Existe ainda uma área de sobreposição entre a RV imersiva e a realidade aumentada. Delikostidis e Van Elzakker (2009) usaram uma variação do HMD associado a um celular com GPS e um computador. Todos os equipamentos consistiam num traje que o usuário vestia e tinha sua localização apresentada em tempo real no seu celular e no seu visor do HMD. Ao mover a cabeça, tanto o mapa como a vista em nível apresentada pela realidade aumentada eram atualizadas possibilitando que o usuário navegasse em um ambiente urbano obtendo informações de localização e atributos sobre estabelecimentos comerciais em tempo real.

Entretanto, o desenvolvimento destes serviços para dispositivos móveis apresenta enormes desvantagens. Entre elas citam-se os problemas para determinar a correta localização de pessoas e orientação no espaço físico utilizando o GPS dos aparelhos celulares (AGPS); como combinar imagens de satélite, modelos 3D e cartografia em representações mostradas em telas de aparelhos celulares e *palmtops*; quais informações fornecer em resposta a uma solicitação realizada pelo usuário em tempo real, e de que forma facilitar a interação do usuário com esse conteúdo (Paay e Kjeldskov, 2007), o custo de transmissão das informações e um eventual desconforto em carregá-los. Além destes, o envio de grandes volumes de dados a cada solicitação e o tempo de necessário para apresentação ao usuário, constitui atualmente uma barreira a utilização desta tecnologia. Potencialmente seu uso na cartografia é maior que

a RV imersiva, pois a sobreposição de realidade e representações tem se aproximado como demonstram as pesquisas citadas neste capítulo. No futuro será possível destacar feições importantes (como no caso do cadastro técnico multifinalitário) através de símbolos e representações cartográficas, ainda que no momento as pesquisas encontradas estejam em sua fase inicial (Sester e Neidhart, 2008; Sester et al, 2011) .

2.1.3. Realidade virtual não imersiva e sua aplicação na cartografia

Em sistemas de realidade virtual não imersivos, a visualização de cenas tridimensionais é feita com uso de monitores. O usuário se mantém fora da cena criada pela RV e o monitor do computador se torna a janela pela qual a nova realidade é analisada. Neste tipo de RV, as representações são criadas através de programas que leem os dados de entrada e criam uma imagem perspectiva na tela. O usuário pode então interagir girando sua vista e se deslocando pela representação. A aplicação da perspectiva e de dados em quantidade suficiente permite que o usuário ao olhar e interagir com a cena tenha a sensação de realidade.

As pesquisas em cartografia têm sido conduzidas principalmente neste segmento com desenvolvimento de representações para desktop, palmtops, GPS automotivos e celulares (Dykes et al, 1999; Haeberling, 1999 e 2002; Döllner et al, 2000; Döllner e Kersting, 2000; Coors, 2002; Pretovic, 2003; Brooks e Whalley, 2005; Garcia et al, 2005; Chitaro e Burigat, 2007; Haeberling et al , 2008; e Cartwright, 2008). A figura 5 apresenta um exemplo de representação perspectiva não imersiva com dados temáticos em que o resultado é apresentado em uma tela de computador.



FIGURA 5: EXEMPLO DE REPRESENTAÇÃO TEMÁTICA TRIDIMENSIONAL.

FONTE: Garcia et al (2005)

Uma das razões para a adoção deste tipo de RV na cartografia é que as representações deste tipo se aproximam do conceito de mapa no que se refere à seleção, abstração e generalização das informações. Schratt e Riedl (2005) afirmam que o uso deste tipo de RV pode de fato ajudar muitas pessoas a compreender melhor as relações espaciais e facilitar a percepção das formas e das relações entre objetos quando comparado às visualizações convencionais. Entre as razões que levam este seguimento da RV se destacar estão as novas linguagens de programação de código aberto, como a *OpenGL*, *GeoVRML* e a *X3D*. Através de uma interface gráfica de usuário (GUI) em uma tela, várias pessoas podem simultaneamente assistir e controlar a cena 3D perspectiva sem necessidade de qualquer outro dispositivo. Esta é uma vantagem em relação a realidade virtual imersiva, pois não é restrito ao dispositivo em si e a mesma representação pode ser apresentada em telas LCD, CRT, celulares, PDA ou distribuídos via internet, salvaguardada alterações de projeto para se adaptar ao tamanho dos visores, como nas pesquisas de Malinverni et al (2007); Paay e Kjeldskov (2007) e Van Tonder e Wesson (2008). Além destas razões, a realidade não imersiva se destaca por não necessitar de dispositivos, como usar óculos e outros equipamentos, ou estar presente no local. Em relação à realidade aumentada, ao aplicar a generalização sobre os dados espaciais e o uso de símbolos para representá-los, este tipo de RV se

aproxima da funcionalidade de um mapa ao transmitir informações pensadas e trabalhadas para comunicar um fenômeno espacial de maneira adequada.

Outra vantagem é a possibilidade de se representar diferentes atributos numa mesma cena que podem ser reais, como a altura de prédios, ou serem abstratos, como índices ou quantidades de minerais no solo. Autores como Dykes et al (1999), Haeberling (1999; 2002; 2004), Döllner et al (2000), Döllner e Kersting (2000), Coors (2002), Pretovic (2003), Glauser e Bieri (2003), Brooks e Whalley (2005), e Cartwright (2008) apresentam exemplos de aplicação deste tipo de tecnologia na cartografia para fins de pesquisa. Estes autores fazem referência a representações simbolizadas de grandes áreas como mapas 3D, para mapas em média e pequenas escalas, e modelos urbanos (*city models*) para representações de áreas urbanas em grandes escalas.

A linha de pesquisa em modelos urbanos é bastante concentrada na generalização tridimensional, com vários trabalhos nesta linha como Brenner e Sester (2005), Raheja (2007), Davies e Peeble (2006) e Cartwright (2008). A representação, neste caso geralmente é realizada com a adição de imagens aplicadas como textura sobre modelos de construções e artefatos urbanos criados a partir de dados *laserscanning* vetorizados e generalizados para várias escalas. O programa GoogleEarth, disponibilizado via internet pela Google®, apresenta alguns modelos urbanos, por exemplo, para a cidade de Nova York nos Estados Unidos (figura 6).

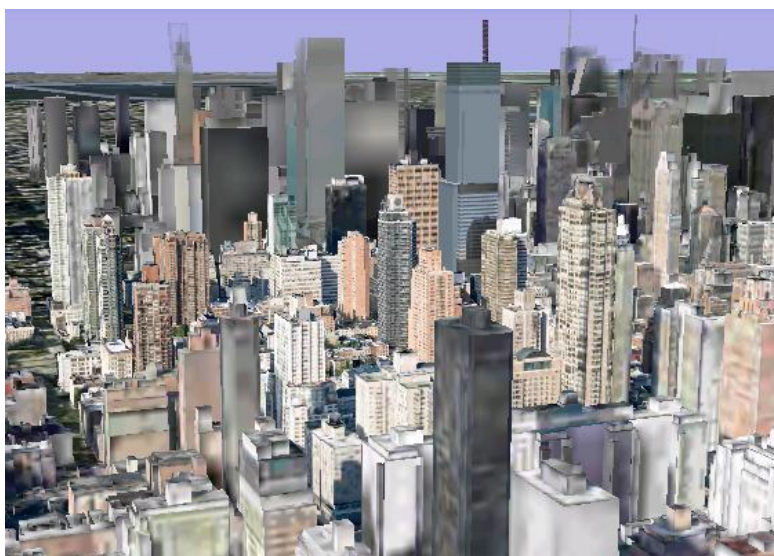
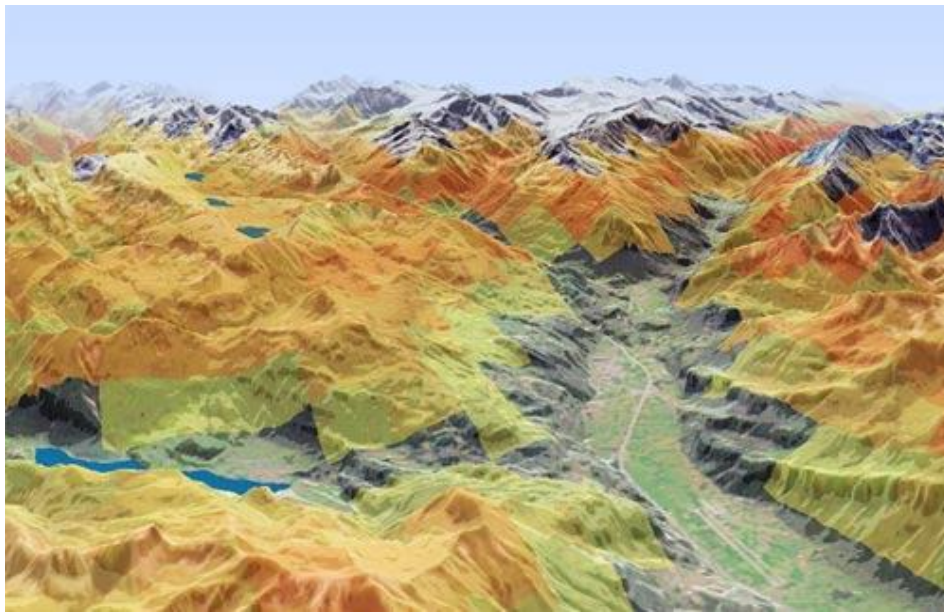
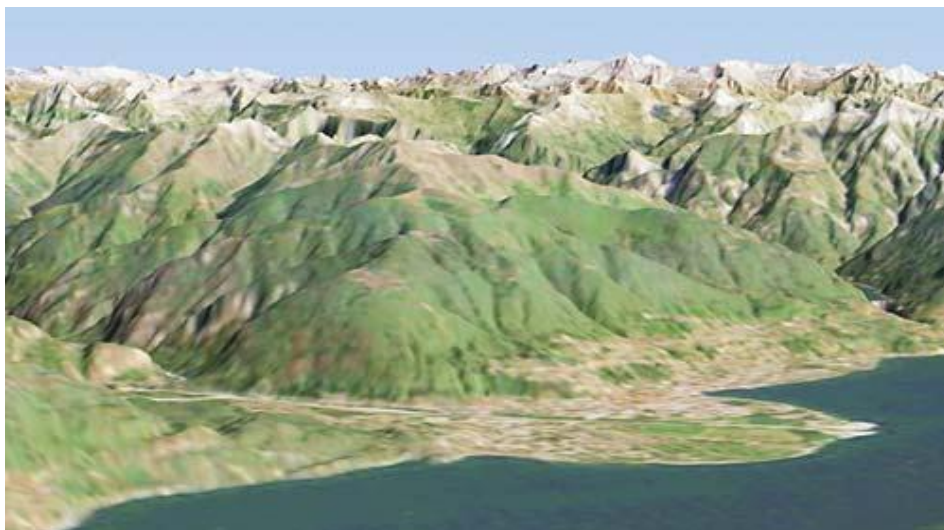


FIGURA 6: VISTA DO MODELO URBANO DO CENTRO DE NOVA IORQUE.
FONTE: GoogleEarth (GOOGLE®)

Os mapas tridimensionais podem ser construídos de diversas maneiras, e cada uma destas cria uma representação diferente da paisagem. Um exemplo deste desenvolvimento é o Atlas Nacional da Suíça (SwissTopo ®), que agrega diversas soluções que são discutidas na literatura científica sobre representação e interatividade. A figura 7 apresenta algumas soluções para representação de distribuição de espécies de aves e para apresentação do terreno.



a)



b)

FIGURA 7: A) DISTRIBUIÇÃO DA ESPÉCIE DE PÁSSARO SYLVIA CURRUCAS; B) APLICAÇÃO DE TEXTURA (IMAGEM DE SATÉLITE) SOBRE MDT.
FONTE: Huber e Schmid (2003, SwissTopo ®)

No contexto da cartografia existem diversas questões abertas à pesquisa, das quais serão discutidos o conceito de carta topográfica 3D e as mudanças no projeto cartográfico para sua elaboração.

2.2. RESUMO DO CAPÍTULO

As tecnologias de representação de dados espaciais em ambientes virtuais são aplicadas como ferramentas que possibilitam novas e interessantes possibilidades para representar feições e atributos além de dar maior sensação de imersão. Em qualquer um dos casos da RV, imersiva, aumentada ou não imersiva, existe a clara necessidade de que a representação dos dados seja norteada pelo conhecimento desenvolvido pela cartografia. Neste caso, o que diferencia a aplicação de uma técnica ou outra na visualização espacial é o investimento necessário para seu desenvolvimento e uso. Na RV imersiva ainda é necessário o uso de salas de projeção e equipamentos para que exista interação com a representação. A realidade aumentada pode apresentar símbolos cartográficos sobre imagens não generalizadas. Isto a afasta do conceito de mapa.

Na RV não imersiva reside o maior potencial para a adoção desta tecnologia para o desenvolvimento de representações que possam ser tratadas como mapas. Em outras palavras, além das claras vantagens em relação à RV imersiva no que se refere a equipamentos e transporte, o processo de construção de cartas topográficas pode ser aplicado nesta vertente da RV. Assim, o mapa que era visto como uma imagem passa a ser visto como um modelo no qual o usuário pode navegar com a vista perspectiva, o que é tratado como vista em primeira pessoa. As representações neste tipo de RV podem ser apresentadas em diferentes dispositivos como laptops, desktops, celulares, tablets e GPS automotivos. Entretanto, as alterações do ponto de vista exigem discussões aprofundadas sobre a representação e a construção da simbologia.

3. EFEITOS DA REPRESENTAÇÃO DA TERCEIRA DIMENSÃO NA CARTOGRAFIA

O objetivo principal das representações cartográficas é fazer que o usuário, ator principal do processo de comunicação cartográfica, entenda as relações do fenômeno representado e sua distribuição espacial. Segundo Haeberling et al (2008), além desta razão, as representações tridimensionais são muito atrativas aos usuários pois combinam modelos digitais com cores hipsométricas, imagens de satélite, objetos vetoriais e toponímias. Se uma representação 3D tem uma aparência que atrai os usuários, é legível, utiliza cores agradáveis ou tem alta resolução para impressão, então os usuários tendem a utilizá-la (Haeberling, 2002).

Não há conhecimento sobre como os usuários reagem às representações 3D (Chitarró e Burigat, 2007), e isso deve ser corrigido para que o cartógrafo desenvolva uma representação 3D eficiente e eficaz. Por isso, as características do usuário e circunstâncias de uso das visualizações precisam ser entendidas como prioridade no desenvolvimento e aplicação de novos tipos de representações (Häberling 1999). Os modelos 3D não devem se assemelhar ou mesmo copiar a paisagem natural na tentativa de se adaptar à percepção humana, mas estudos devem ser desenvolvidos no sentido de se entender como a percepção funciona e, a partir daí, propor o melhoramento dos produtos cartográficos (Terribilini, 1999). Em outras palavras, as representações 3D devem se aproximar do papel dos mapas na comunicação de dados espaciais, e o estabelecimento da linguagem cartográfica deve apoiar-se nos mesmos princípios de abstração, classificação e representação.

No contexto de cartografia 3D existem ainda outros problemas que influenciam na experiência que o usuário tem com a representação, como a interatividade, a manutenção da orientação ao se deslocar pela representação em vista for perspectiva, e a simbologia, para uma adequada comunicação. Para Hilbring (2005), é necessário que as habilidades de percepção do usuário e sua capacidade de interação sejam respeitadas. Esta afirmação é exemplificada na dificuldade dos usuários em utilizar representações tridimensionais (Vinson, 1999; Chittaro e Burigat, 2004 e Burigat e Chittaro 2007; Haeberling et al, 2008; e Schmidt e Delazari, 2010), seja para exploração

ou navegação. Nos estudos realizados por estes autores, as dificuldades em usar representações com diferentes soluções de projeto indicam que além da representação em si, a interface com o mapa e as ferramentas de controle (mouse convencional, mouse 3D, joystick, teclado) também influenciam o sucesso do usuário na utilização da representação.

Uma das vantagens da representação 3D é permitir que os usuários interajam com a representação para explorar todos os seus aspectos. A característica principal desta interação é a navegação. Portanto, as representações tridimensionais devem conter uma variedade de possibilidades de interação (Hilbring, 2005) para se adequar às diferentes representações possíveis de um mesmo sistema de visualização de dados espaciais.

Entretanto, um dos principais problemas que podem ser apontados está na dificuldade do usuário em entender os comandos de interação em grande parte dos sistemas disponíveis atualmente. No *plugin* Cortona, por exemplo, usado por Fosse (2008) e Schmidt e Delazari (2010), a constante troca de comandos de passeio (*walk*), voo (*fly*) e observação (*observe*) e sua combinação com o deslocamento paralelo à tela, deslocamento em profundidade, ou rotações e nivelamento (figura 8) na interface do mapa demanda concentração e habilidades do usuário neste tipo de sistema.



FIGURA 8: COMANDOS DE INTERAÇÃO DO PLUGIN CORTONA 6.
FONTE: Cortona ®.

Em oposição ao Cortona, o Atlas da Suíça (SwissTopo ®) apresenta um exemplo simples e estruturado do controle para a determinação da atitude e posição da iluminação do modelo em relação à posição do observador considerando, inclusive, a posição real do sol no momento da análise através do horário local (figura 9).

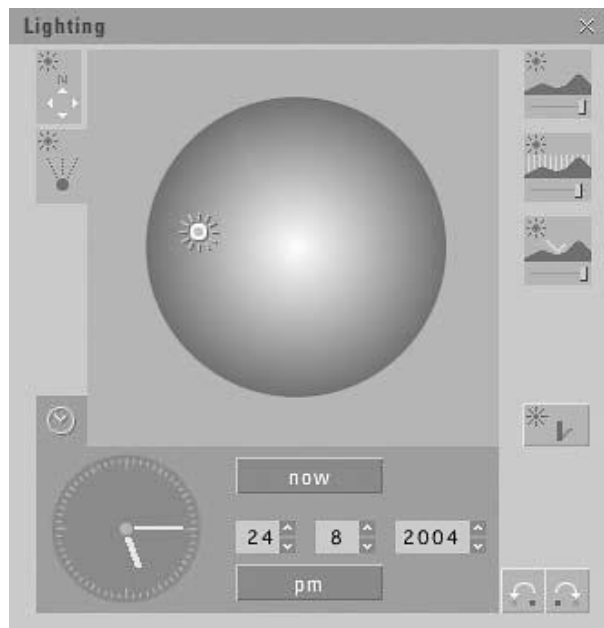


FIGURA 9: COMANDOS DE CONTROLE DE ILUMINAÇÃO DO ATLAS DA SUÍÇA.
 FONTE: Huber e Sieber (2001, SWISSTOPO ®).

A interação nestes produtos tem influência direta na manutenção da orientação do usuário enquanto este navega na cena. Dificuldades em interagir com a representação podem dificultar o entendimento e o deslocamento da posição do observador na representação. Para Darken e Sibert (1993), usuários de sistemas de realidade virtual, imersivos ou não, podem perder a “consciência” espacial e facilmente ficarem perdidos ao se deslocarem na cena. Estes autores, além de Vinson (1999), Chittaro e Burigat (2004) afirmam que simples aprimoramentos aos ambientes virtuais podem reduzir drasticamente a desorientação e melhorar a interação e a navegação. Estes aprimoramentos podem ser símbolos criados para desempenhar papéis específicos na manutenção da orientação do usuário; ou realizados através de ferramentas computacionais de auxílio à navegação, uso associado de mapas ou novos dispositivos de interação.

A vista de topo nos mapas, chamada de exocêntrica, provê uma visão geral de toda representação. À medida que o usuário estuda e utiliza o mapa, é necessário interpretar algumas características da representação como a variação da declividade do terreno a partir das curvas de nível. Esta tarefa não é trivial para todos os usuários, mesmo entre usuários especialistas que utilizam mapas, pois a leitura é realizada de maneira pontual. Desta forma, o conhecimento é gerado pelo processamento de um grande volume de

informação representada no mapa e sua estruturação em uma representação interna do leitor.

Nas representações tridimensionais em vista perspectiva, alterar o ponto de vista permite a observação dos objetos sob diferentes ângulos, o que favorece a exploração visual. Porém, a repetida mudança do ponto de vista durante a navegação prejudica a manutenção da orientação do usuário, bem como a estimativa de ângulos, distâncias e a comparação entre feições representadas (Chitaro e Burigat, 2007). Com isso, algumas análises geográficas podem ficar prejudicadas e ocasionar o entendimento equivocado daquilo que é representado. Discussões mais aprofundadas são apresentadas nos capítulos 5 e 6, pois estas variações têm influência em como o usuário percebe o símbolo e o agrega ao seu mapa mental representativo de uma área. Antes porém é necessário se discutir o que se entende por carta topográfica 3D e o seu processo construtivo.

3.1. CARTA TOPOGRÁFICA 3D

Para Keates (1988), mapa é uma “imagem gráfica bidimensional que mostra a localização de coisas em relação à superfície terrestre”. O *National Resources of Canada* (NRC, 2004) define mapa como “uma representação gráfica, comumente sobre uma superfície plana, da organização espacial de qualquer parte do universo físico em qualquer escala, que simboliza uma variedade de informações, tanto estáticas quanto dinâmicas”.

A análise destes dois conceitos induz à conclusão de que os mapas são imagens gráficas bidimensionais resultantes do uso de simbologia construída com o propósito de representar certas feições em um sistema de coordenadas relacionado à Terra. Além disto, existe a necessidade de escalas e de projeções cartográficas para relacionar este sistema de coordenadas ao plano do mapa.

Para Moellering (2007), os diferentes tipos de mapas gerados por computador não atendem a definição tradicional de um mapa, devido aos novos desenvolvimentos científicos e técnicos de produção, manipulação e visualização de mapas e informações. A Comissão Internacional de Cartografia (ICA) reconheceu esta tendência e apresentou sua alteração no conceito de

um mapa durante o congresso de Durban em 2003. O termo mapa foi definido como "(...) uma imagem simbolizada da realidade geográfica, representando características de certas feições, resultantes do esforço criativo e das escolhas dos autores projetada para uso quando relações espaciais são de importância fundamental". Esta alteração não relaciona diretamente a representação do espaço ao plano do mapa, e torna a definição de mapa também válida para qualquer representação cartográfica que seja desenvolvida através de um projeto cartográfico. Dessa forma, a ICA (2003) abrange outras representações que são denominadas de representações relacionadas a mapas (*map-related representation*). Este é um termo genérico que envolve todos os tipos de representações cartográficas, que não são mapas, no sentido estrito de definições anteriores, mas que se relacionam de forma direta a ele, entre estes as cartas topográficas tridimensionais com vista perspectiva.

Assim, um mapa 3D não é um mapa no sentido estrito, mas uma representação relacionada a mapa. Entretanto, o termo "mapa 3D" tem sido amplamente utilizado na literatura científica como, por exemplo, por Terribilini, (1999), Darken e Paterson (2001), Haeberling (1999; 2002; 2008), Petrovic (2003), Harrower e Shessley (2005) e Davies e Peebles (2006). Ainda assim, não há consenso na literatura sobre o termo, porém a adoção do termo mapa para representações tridimensionais perspectivas se encaixa na definição apresentada pela ICA (2003) e é corroborada pelos autores citados acima.

Kraak (1988) afirma que uma representação cartográfica é considerada um mapa 3D se contém estímulos (*depth cues*) que fazem o usuário perceber o seu conteúdo como tridimensional. A diferença principal entre o conceito de Kraak e o adotado nesta tese é a posição da vista que passa de ortogonal a perspectiva. Esta diferença modifica como os símbolos cartográficos estimulam o leitor do mapa. Estes estímulos são discutidos no capítulo 6.

Para Haeberling (2002), a carta topográfica 3D é uma analogia de uma carta topográfica em papel, cuja descrição da área, juntamente com a distribuição e as feições do terreno (assentamentos, estradas, infraestrutura, hidrografia, cobertura da terra, entre outros), é realizada com as propriedades intrínsecas da carta em papel, tais como a escala do mapa, mensurabilidade ou localização de objeto. Para este autor, o termo 3D é adequado desde que haja integração e apresentação da organização espacial do fenômeno na superfície

do terreno de acordo com as convenções de simbolização e de generalização cartográfica, mesmo que o usuário perceba a paisagem representada como uma perspectiva tridimensional, embora esta seja representada na tela do dispositivo de visualização (computadores, celulares, *tablets*, entre outros). O fator determinante na literatura para cartas topográficas 3D é a inclusão da dimensão da altura e da posição vertical dos objetos representados em relação ao terreno, expressa em coordenadas Z (Haeberling, 2002). Este autor ressalta que o termo é entendido de forma intuitiva devido ao uso atual do termo mapa 3D como um modelo tridimensional dinâmico.

Para Petrovic (2003), as representações, ou modelos tridimensionais só podem ser considerados mapas quando satisfazem algumas condições, semelhante ao que ocorre com mapa em papel. Este autor propõe quatro condições para se aceitar uma representação 3D como um mapa 3D, as quais podem ser discutidas no âmbito desta pesquisa:

a) Os objetos e fenômenos representados são projetados num sistema de coordenadas planas, de acordo com uma projeção cartográfica que resulta em deformações de valores conhecidos;

b) Todos os objetos representados devem ter sua posição geográfica definida num sistema de coordenadas conhecido ao qual o usuário tem acesso.

No caso de representações tridimensionais, o sistema de coordenadas não é necessariamente plano, pois a distância do Modelo Digital do Terreno em relação à superfície que representa a sua referência no modelo computacional e o exagero vertical das feições devem ser considerados. Ao associar o efeito perspectivo da câmera à cena, as distorções devem ser consideradas para possibilitar ao usuário extrair informações e estimar relações de distâncias e ângulos. Esses valores devem se refletir nas coordenadas acessadas pelo usuário, sem que o mesmo perceba diferenças posicionais numa comparação com um mapa em papel. Estas considerações implicam em reconsiderar a variação infinitesimal nula de algumas quantidades fundamentais de Gauss utilizadas na derivação da formulação das projeções cartográficas. Com isso, se torna possível realizar medidas nas representações com distorções causadas pela projeção conhecida. O acesso às quantidades é realizado por ferramentas computacionais que integrem os movimentos do mouse para

seleção dos objetos na carta e permitam ao usuário recuperar as coordenadas das feições na representação.

c) A quantidade de informações presente no mapa deve ser definida de acordo com os princípios de generalização cartográfica.

A generalização cartográfica continua sendo um desafio para mapas e várias pesquisas têm sido desenvolvidas em generalização 3D. O enfoque dado nessas pesquisas é, principalmente, em ambientes urbanos em escalas 1:5.000 ou maiores como ocorre em países como Alemanha e Suíça (Raheja, 2007; Podolskaya et al, 2007; Hampe et al, 2004; Kamenoff, 1996). Nestes exemplos, objetos construídos a partir de dados laserscanning são vetorizados por algoritmos apropriados e diversas combinações dos operadores são aplicadas propiciam resultados promissores. Em representações 3D, o desafio se torna maior ainda, pois a escala não é consistente ao longo da cena, ou seja, a escala varia do ponto do observador para o fundo e transversalmente à linha de visada por efeito da perspectiva (ver figura 39 no capítulo 8). Além disso, o processo de generalização deve ser automático (*on the fly*) segundo um nível de aproximação e à medida que a câmera se desloca pelo mapa. Dessa forma a cada nova mudança de posição ou alteração na escala de visualização (*zoom in e zoom out*) uma nova generalização é aplicada à visualização;

d) O uso de uma linguagem cartográfica adequada para que haja comunicação entre o cartógrafo e o usuário do mapa.

Um problema com mapeamento 3D é que não existem normas ou diretrizes como na cartografia temática para orientar os cartógrafos na criação de mapas 3D. Existem questões abertas à pesquisa como a construção e reconhecimento de símbolos tridimensionais, percepção de profundidade (diferenças de escala), as condições atmosféricas, a visualização de azimuth e ajustes de iluminação. Embora os princípios de projeto cartográfico para mapas se apliquem a esta nova forma de representação geográfica, em mapas 3D é preciso analisar além dos aspectos técnicos e se concentrar nos aspectos mais sutis da representação que podem enriquecer a compreensão dos usuários. Elementos como a cor de fundo, ângulo de visada e abertura da câmera, e a própria distância entre os objetos numa cena, podem alterar a percepção de

um símbolo. Este é o principal enfoque desta pesquisa, aplicar o conhecimento para estabelecimento de uma linguagem cartográfica de mapas temáticos em cartas topográficas 3D. Para isso é necessário entender como o mapa é percebido e como o conhecimento de percepção e cognição podem ser usados para permitir a comunicação cartográfica em mapas para navegação virtual não imersivos.

3.2. RESUMO DO CAPÍTULO

O entendimento do uso de mapas 3D e o contexto do problema devem ser norteadores das decisões durante o estabelecimento da linguagem cartográfica e construção da simbologia. As tentativas para criação de princípios de linguagem cartográfica tridimensional de caráter geral são empíricas e carecem de validação. Entretanto, as experiências de autores como Haeberling (1999, 2002), Terribilini (2001), Petrovic (2003) e Haeberling et al (2008) apontam que na vista perspectiva uma simbologia convencional como para mapas topográficos não é adequada, sendo necessário que a mesma seja tratada sob aspectos da cartografia temática. Entre outros pontos abertos a pesquisa neste sentido, esta tese discutirá a linguagem cartográfica no contexto de representações tridimensionais para o cumprimento da tarefa de navegação analisada sob à luz da percepção e cognição.

Além disso, o conceito de carta topográfica 3D não se afasta daquele de carta topográfica convencional senão pela inclusão da altura como atributo da terceira dimensão e da posição da câmera, a qual funciona como uma metáfora dos olhos do usuário. O maior impacto, neste caso, é a percepção do espaço numa vista limitada pela posição, atitude e configurações da câmera (perspectiva), os elementos presentes na interface e a simbologia em si. A primeira e última representam o enfoque desta tese, pois a percepção dos símbolos passa a ser influenciada por diferentes condições para a identificação do símbolo e a sua separação com o fundo. Desta forma, os mesmos elementos que favorecem a percepção da tridimensionalidade da carta também prejudicam a identificação dos símbolos individuais.

4. A TAREFA DE NAVEGAÇÃO E OS ASPECTOS COGNITIVOS DA SIMBOLOGIA 3D

No processo de comunicação cartográfica o objetivo do cartógrafo é interpretar a realidade e dela selecionar aquilo que será transmitido. Assim a mente do cartógrafo trabalha como um filtro que faz com que os mapas não sejam simples cópias da realidade, mas interpretações dadas por ele. A qualidade deste filtro está baseada no conhecimento e experiência do cartógrafo. Por isso, decisões tomadas sobre a simbologia se tornam o maior problema em relação ao mapeamento 3D (Pegg, 2009). Os princípios de projeto cartográfico 3D ainda estão em seus estágios preliminares e existe necessidade de pesquisas sobre a sua eficácia e adequação para a comunidade usuária do mapa 3D.

As pesquisas nesta área passam por diversos ramos da ciência como a psicologia cognitiva, cognição espacial, percepção e a cartografia. No âmbito desta última podem-se destacar dois aspectos importantes a serem determinados: como os usuários percebem a simbologia e como a organizam internamente de modo a entender o mapa. No contexto desta pesquisa estes dois aspectos são abordados sob o enfoque de quais são as mudanças perceptivas da simbologia quando se inclui a terceira dimensão em vista perspectiva para cartas topográficas 3D de modo que esta possa comunicar adequadamente a informação ao usuário que busca realizar a navegação virtual. Para isso, a análise deve voltar-se para a feição mais elementar de um mapa, o símbolo, e sua relação com a visão e entendimento.

Nesta tese, os símbolos para cartas topográficas serão elaborados com o uso dos princípios da cartografia temática. Neste contexto, esta construção ocorre no estabelecimento da linguagem cartográfica, que se baseia na dimensão do fenômeno espacial e na primitiva gráfica (ponto, linha, área) para representá-lo; no nível de conhecimento do fenômeno, definido pelas características qualitativas ou quantitativas a serem representadas; e nas variáveis visuais das primitivas gráficas, usadas para representar o fenômeno e sua classificação (Slocum, 1999).

Cada símbolo exibido numa representação cartográfica pode ser dividido na parte do aspecto externo e na parte semântica. Santil (2008) ressalta que

um signo é a representação observável e tangível de uma ideia intangível e que se instaura a partir dos seus elementos constituintes (interpretante, o objeto e o veículo) e de suas relações (figura 10).

O interpretante, segundo Peirce² (apud Maceachren, 1995), é a imagem mental do objeto ou como o objeto é entendido e armazenado na memória. O veículo signo é a estrutura gráfica, entendida como a combinação de primitivas gráficas e variáveis visuais que formam o símbolo em si, denominado aqui de objeto. E, por fim, a semiose que é o processo no qual o signo tem um efeito cognitivo em seu intérprete, ou seja, a ação do signo no indivíduo.



FIGURA 10: OS ELEMENTOS DO SIGNO E A SEMIOSE
FONTE: Adaptado de Maceachren (1995).

Portanto, o entendimento de uma representação cartográfica pode ser separado no estudo da parte semântico e na parte gráfica. A primeira parte é tratada neste capítulo, e a percepção dos símbolos e seus processos serão tratados no capítulo 6.

4.1. COGNIÇÃO E MAPAS

A cognição inclui percepção, aprendizado, memória, pensamento, razão, solução de problemas e comunicação (Montello, 2002). A teoria cognitiva envolve operações mentais lógicas e o mapa é considerado como uma fonte variável de informações, que depende diretamente das características do usuário (Issmael, 2008). Nas pesquisas em psicologia cognitiva aplicadas à

² Peirce, C.S. 1985. Logic as semiotic: The theory of signs. In: R.E. Innis (Ed.) Semiotics: An introductory Anthology. Pp 4-23. Bloomington: Indiana University Press.

Cartografia, cujo objetivo é o entendimento da percepção e cognição humana, os trabalhos desvinculam a passagem do que se vê para como se vê, limitando-se apenas aos aspectos de detecção, discriminação e reconhecimento (Montello, 2002).

Chen (2001) destaca o papel do mapa, digital ou impresso, como ferramenta de cognição espacial. A interiorização da informação contida nos mapas, após filtragem e processamento interno, dá origem ao mapa cognitivo. O termo mapa cognitivo refere-se à representação mental interna da informação ambiental e é essencial para o comportamento espacial e tomada de decisão (Mondschein et al, 2005). Para Lloyd e Bunch (2005a), mapas cognitivos são estruturas de memórias internas que representam a informação espacial aprendida. A figura 11 mostra um esquema do fluxo da informação na construção de mapas cognitivos.

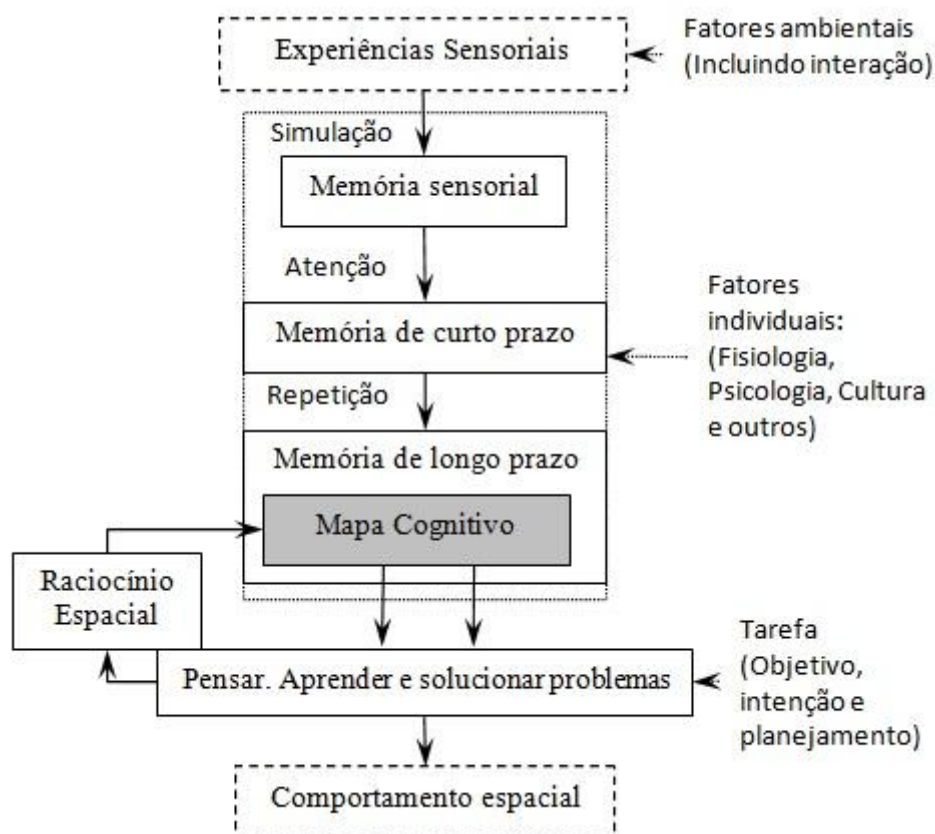


FIGURA 11: ESQUEMA DO FLUXO DE INFORMAÇÕES NA CONSTRUÇÃO DE MAPAS COGNITIVOS.

FONTE: Adaptado de Wan et al, (2009).

O conteúdo central da teoria de mapas cognitivos é o estudo das relações entre os seres humanos e os mapas, e um ponto de partida para um

estudo sobre cognição espacial são as pesquisas sobre o processo cognitivo do ser humano na produção e uso de mapas e exploração do papel dos mapas como instrumento de cognição espacial (Chen, 2001). O principal objetivo do mapeamento cognitivo é capacitar os indivíduos a fazer escolhas relacionadas com o ambiente espacial (Chen, 2001). Outra denominação é dada por Pinker (2009, p 203), segundo o qual se pode chamar de mapas mentais as representações internas de um indivíduo que organiza as posições no espaço de milhares de locais e pontos de destaque, acumulados ao longo da vida.

Montelo (2002) afirma que o mapeamento cognitivo engloba os processos cognitivos que permitem às pessoas adquirir, codificar, armazenar, recuperar e manipular informações sobre a natureza do seu ambiente espacial. Estas informações são os atributos e posições relativas de pessoas e objetos no ambiente, e formam um componente essencial do processo adaptativo de tomada de decisão espacial. Ao interagir com o espaço geográfico, ou suas representações, o usuário organiza e atualiza as suas percepções e preferências dentro de uma matriz espacial. Essa mistura de informação qualitativa e espacial no mapa cognitivo permite que os indivíduos tomem decisões em um contexto espacial (Lobben, 2004).

Em culturas ocidentais, (Golledge³, 1999 apud Mondschein et al, 2005) muita ênfase é colocada na interpretação e utilização do espaço representado com uma métrica euclidiana e isto força a interpretação de que um mapa cognitivo é uma versão mental de um mapa impresso, ou seja, uma imagem semelhante a um mapa. Entretanto, não há evidências de um relacionamento direto entre o mapeamento cognitivo e uma representação cartográfica do espaço (Lobben, 2004). Em vez disso, o mapa cognitivo deve ser entendido como uma metáfora cujas representações podem ser incompletas e conter equívocos, na qual as informações são armazenadas segundo uma estrutura própria de cada indivíduo. Portanto, não se trata de uma cópia do mundo real.

Outro aspecto é que nem todos os indivíduos atingem o mesmo nível de desenvolvimento em seus mapas cognitivos. As habilidades espaciais de cada indivíduo explicam algumas diferenças no desenvolvimento do mapeamento

³ Golledge, R.G. (1999). Human wayfinding and cognitive maps. In R.G. Golledge (Ed.), *Wayfinding behavior. Cognitive mapping and other spatial processes* (pp. 5-45). Baltimore: John Hopkins University Press.

cognitivo, tais como a capacidade de raciocínio geométrico, de criar imagens a partir de relações espaciais em diferentes escalas (locais para globais), de reconhecer padrões espaciais, de perceber feições tridimensionais em duas dimensões como curvas de nível, de compreender estruturas de rede, estimar distâncias e direção e integrar rotas e pontos de referência (Goodledge, 1993). Darken e Siebert (1993) destacam que características pessoais como a memória espacial sequencial, o conhecimento topológico, as capacidades motoras, a percepção espacial, e em geral as capacidades de processamento de informações, influenciam o processo de aprendizagem. Tais recursos são, em parte, inatas aos indivíduos, mas sabe-se também que eles podem ser desenvolvidos e ampliados por meio de treinamento e uso (Darken e Siebert, 1993).

De acordo com Vinson (1999) os mapas cognitivos são atualizados com a exposição repetida a um ambiente. Em um ambiente real, a exposição repetida pode se constituir da utilização da mesma rota por muitos anos e, eventualmente, os mapas cognitivos podem ser levados a um estado estacionário, o que significa que a quantidade de informações novas trazidas para o mapa com cada viagem sucessiva pelo ambiente diminui (Vinson, 1999). Este estado é tratado na psicologia como habituação.

A habituação consiste na diminuição de uma resposta referente a um estímulo novo (Goldstein, 2010). Em outras palavras, a exposição repetitiva faz o sujeito se acostumar aos estímulos (visuais, sonoros, olfativos) e em certo momento passa a ignorá-los. Dessa forma, as feições do caminho passam a ser menos percebidas assim como sutis modificações em posição, forma, cor, entre outros. O grau em que as informações constantes de um mapa cognitivo refletem as estruturas do mundo real depende da habilidade espacial dos indivíduos para compreender as características tais como localização, conectividade, hierarquia, proximidade, região e modelagem, entre outros (Goodledge, 1993) (ver sessão 5.2.2.1).

A aplicação de mapas topográficos na navegação resulta na familiarização dos usuários com certas áreas geográficas, na medida em que se tornem capazes de planejar rotas e de se orientar no espaço (Lobben, 2004). Os usuários utilizam uma variedade de estratégias e guias, como instruções verbais ou escritas, mapas impressos ou digitais, ou a memória com

base em uma exposição anterior, para conhecer estas áreas. Segundo a autora, a maioria dos usuários tende a criar um único mapa cognitivo durante a tarefa de navegação e estes são constantemente atualizados. O indivíduo inicia a navegação com um mapa cognitivo desenvolvido a partir de uma análise exploratória realizada com mapas, ou circulando pela área, e com a consulta repetida ao mapa durante a realização da tarefa de navegação a representação interna sobre a distribuição das feições é refinada.

Porém, segundo Lloyd e Bunch (2005a), o mapa cognitivo representa o conhecimento adquirido somente para o local. Desta forma o conhecimento espacial de uma região contém diversos mapas cognitivos em diferentes escalas. Pinker (2009, p 313) atribui esta fragmentação devido à limitada capacidade humana para armazenar todas as informações que chegam ao sistema perceptivo-cognitivo. Além disso, os mapas cognitivos são organizados segundo a estrutura da memória individual. Estes mapas são, portanto, rotulados e armazenados em uma superestrutura de onde podem ser acessados de acordo com a necessidade considerando a variação de escalas. Este mesmo fenômeno foi observado por Vinson (1999) que propõe que a simbologia de mapas considere esta variação de escalas (ver figura 12 na sessão 4.2.2.1). Este relacionamento da simbologia e mapas cognitivos é destacado por Desney et al (2001), que afirmam que as pesquisas sobre navegação 3D recaem em duas linhas: a pesquisa para compreender os princípios cognitivos por trás da navegação, e o projeto de simbologia para criar técnicas de navegação para aplicações específicas.

Algumas tarefas cognitivas identificadas na leitura de mapas, necessárias à navegação, são o entendimento do significado de simbologia, o planejamento de rotas, a autolocalização e a rotação do mapa. Para Loben (2004), não é provável que todas as tarefas relativas à leitura de mapa durante a navegação tenham sido completamente identificadas. Entretanto, para identificar um caminho “navegável” várias destas tarefas cognitivas devem ser realizadas em sequência e concluídas em algum grau de eficiência (Lobben, 2004):

- Rotação de objetos: resultados de testes com usuários apontam que mapas não orientados ao norte ou espelhados tendem a aumentar o tempo de resposta e diminuir a precisão da navegação (participantes se

perdem ou chegam a lugares errados com maior frequência) (Darken e Sibert, 1993; Lobben, 2004);

- Identificação de símbolos: a capacidade de compreender a simbolização depende da capacidade do usuário em diferenciar os símbolos e entender as feições que eles representam (Lobben, 2004). Segundo esta autora, a identificação de símbolos em mapas em papel pode ser um critério de análise pobre, devido à quantidade e complexidade dos símbolos utilizados que podem afetar a capacidade dos usuários em identificá-los. Ainda assim, esta é uma habilidade fundamental que é aplicada cada vez que alguém lê um mapa;
- Autolocalização: no uso de mapas, os usuários resolvem o problema de determinar a sua localização no mapa através do reconhecimento de pontos de referência do mundo real e da criação de relacionamentos entre si e estes pontos (Lobben, 2004). Ao executar esta ação o usuário determina sua posição relativa correta no mapa. Ao contrário da visualização, que provavelmente é um processo contínuo, a autolocalização é um processo discreto que ocorre no início da navegação para se localizar no mapa, e em entre em momentos críticos da navegação, como na análise de corrigir decisões erradas (se perder) ou decidir que chegou ao final da rota (Vinson, 1999; Lobben 2004).

Para Lobben (2004), a diferença do nível de habilidade individual nos vários processos cognitivos ditará quais estratégias serão utilizadas para completar a tarefa de navegar de um ponto a outro. Uma estratégia de leitura do mapa não é independente de um processo cognitivo e estes influenciam as estratégias ou métodos utilizados pelo indivíduo.

A estratégia de leitura do mapa é um método específico empregado pelo leitor do mapa para cumprir a tarefas de navegação (Lobben, 2004). A identificação das estratégias e a diferença do nível de habilidade individual são importantes para o entendimento de como os processos cognitivos são ativados para a captura da informação e o seu armazenamento como conhecimento espacial na memória de um indivíduo. Segundo Lobben (2004), compreender as estratégias que as pessoas usam, por que pessoas diferentes usam diferentes estratégias para completar a mesma tarefa, e identificar o

processo cognitivo que controlam essas estratégias, poderão responder às questões de por que algumas pessoas podem ler mapas e navegar por um ambiente melhor do que os outros.

Montelo (1997) afirma que a análise de parâmetros como a idade, o nível de conhecimento formal, o tempo de experiência com mapas, entre outros, apesar de extremamente difíceis de mensurar de forma quantitativa, são importantes para o entendimento do comportamento do usuário durante os testes. Wilkening e Fabrikant (2011), Lloyd e Bunch (2008), Lloyd e Bunch (2005b) e Goodledge (1993) relatam diferenças que evidenciam certas vantagens na habilidade de navegação e leitura de mapas em homens, enquanto as mulheres têm vantagens em tarefas verbais e apresentam memória espacial mais acurada. Entretanto, estas e outras pesquisas ainda se mostram inconclusivas em diversos aspectos do uso de mapas. Talvez mais importante que a separação por gênero, seja a cultura de navegação apoiada em mapas. O histórico e a frequência de uso de mapas para esta tarefa geográfica pode ter maior influência na organização do conhecimento espacial dos indivíduos. Este conhecimento é influenciado pelo uso e atualização de esquemas de conhecimento.

Esquemas de conhecimento são estruturas formadas por categorias e suas relações e são fundamentais para a aquisição de conhecimento espacial (Maceachren, 1995). Estas estruturas representam e organizam conceitos, relações, processos na memória de longo prazo e podem ser vistas com base em determinados agrupamentos, categorizações e padronizações (MacEachren, 1995). Segundo Klippel (2003), a organização do conhecimento em esquemas é realizada para facilitar o processamento de informações e permitir a resolução de problemas específicos com mais eficiência.

Goodledge e Stimson (1987 apud Prado et al, 2011) organizam o sistema de categorização do conhecimento espacial, segundo uma ordem que os divide em níveis, em:

- O conhecimento declarativo que permite identificar os objetos que podem ser diretamente percebidos como lugares e seus atributos;
- O conhecimento configuracional, que envolve a compreensão das relações espaciais, permite a identificação de padrões geográficos e o desenvolvimento de hipóteses sobre agrupamentos espaciais;

- O conhecimento procedimental auxilia na tomada de decisões sobre a movimentação em torno de um ambiente.

É importante notar que os esquemas não são apenas usados para estruturar e armazenar conhecimento declarativo, mas também são aplicadas às sequências e ações, ou seja, para organizar o conhecimento processual e induzir o raciocínio espacial (Klippel, 2003). O processo mental de categorização permite a criação de representações espaciais, uma vez que torna os seres humanos capazes de agrupar elementos, identificar padrões e descobrir as relações que são fundamentais para a representação de conceitos espaciais (Maceachren, 1995). Os tipos de conhecimentos espaciais utilizados na navegação são analisados na próxima sessão.

4.2. ESQUEMAS COGNITIVOS USADOS NA NAVEGAÇÃO

Darken e Peterson (2001) afirmam que a navegação pode ser definida como o processo pelo qual as pessoas determinam sua posição relativa e a posição relativa de outros elementos da paisagem e utilizam este processo para determinarem como chegar a outros locais a partir da sua posição. Segundo estes autores, a navegação agrega o sentido de orientação e movimento. Estes autores definem o sentido de orientação como o elemento cognitivo da navegação que não envolve qualquer tipo de movimento, mas apenas as decisões táticas e estratégicas que orientam o movimento guiado (Darken e Peterson, 2001). Estes autores afirmam ainda que a parte essencial do sentido de orientação é o desenvolvimento e uso de mapas cognitivos.

Para navegar com sucesso, as pessoas devem planejar os seus movimentos utilizando conhecimentos espaciais adquiridos sobre o ambiente e armazenados no mapa mental representativo da área, numa associação com os tipos de conhecimento mencionados acima. Esta navegação pode ser realizada pela lembrança de uma série de associações entre pontos de referência e suas correspondentes ações de navegação (por exemplo, na igreja vire à direita) (Vinson, 1999). Além disso, o usuário de mapas precisa ter capacidade de se localizar em um mapa, reconhecer o destino, e planejar e executar a rota para o destino. Utilizando mapas com vista ortogonal o leitor deve ser capaz de realizar a conversão do ambiente real tridimensional no qual

está inserido para o mapa em escala bidimensional, reconhecer as feições do ambiente nos símbolos cartográficos e encontrar a orientação correta.

Golledge (1992) identifica os componentes básicos do conhecimento espacial e os apresenta como primitivas espaciais. Análogo a Lynch⁴ (1960 apud Klippel, 2003) que focou seu trabalho em objetos físicos perceptíveis, Golledge (1992) especifica relações entre objetos no espaço. Para este autor, as primitivas espaciais e conceitos derivados têm equivalentes cognitivos que são independentes de um determinado ambiente e de uma dada escala. O autor identifica como primitivas espaciais:

1. Identidade: é o atributo mais básico, pois individualiza as feições no ambiente e permite a diferenciação entre objetos presentes. Identificar a ocorrência fornece a base para o reconhecimento e avaliação;
2. Localização: fornece as informações necessárias do local onde uma feição existe;
3. Magnitude: envolve a quantidade de um fenômeno em um local específico;
4. Tempo: caracteriza o intervalo de tempo em que existe um fenômeno.

Na pesquisa deste autor, destaca-se a localização a partir da qual derivam os conceitos de:

- Distância;
- Ângulo relativo e direção (azimutes);
- Sequência de pontos de referência e extremos de rotas;
- Conexão de pontos de referência e rotas.

Estes conceitos derivados são aplicados na criação dos mapas cognitivos sob três tipos distintos de conhecimento espacial: conhecimento dos pontos de referência, conhecimento de rotas e conhecimento do terreno (Werner et al, 1997).

O conhecimento dos pontos de referência é a forma mais básica de conhecimento do ambiente. Estes pontos são características distintas do ambiente que se destacam das demais informações e objetos espaciais ao redor. Eles cumprem diferentes funções na organização de direções e rotas, na

⁴ Lynch, K. (1960). The image of the city. Cambridge, MA: MIT Press.

determinação de pontos usados para avaliar o progresso ao longo de uma rota, ou fornecer um rumo global (Werner et al, 1997). Um ponto de referência pode ser uma feição discreta, espacialmente significativa para o indivíduo, mesmo que este nunca a tenha visto. Os pontos de referências atuam como pontos de ancoragem a partir dos quais os usuários organizam outras informações espaciais em uma representação (Vinson, 1999). Em muitos casos, a aquisição de conhecimento por referências acontece como recurso em situações como uma mudança de curso, ou quando o indivíduo está diante de uma escolha sobre a rota. Em uma encruzilhada numa estrada, por exemplo, o usuário pode eleger uma placa, árvore ou uma ruína como referência.

A orientação de um indivíduo é ancorada sobre a determinação de pontos de referência sobre os quais novas informações sobre o ambiente são relacionadas. Segundo Kraft (2001), o indivíduo pode ter conhecimento do percurso pelo qual viaja e, ao mesmo tempo, ter uma compreensão de qual âncora está se aproximando e qual foi recentemente passada, bem como os atributos espaciais que se referem a essa âncora. O desenvolvimento deste relacionamento entre os pontos de referência leva o indivíduo a um nível acima na escala de conhecimento para navegação, o conhecimento de rota.

O conhecimento de rota conecta diversos pontos de referência no mapa cognitivo de um indivíduo em sequência, criando caminhos entre diferentes locais no ambiente. Desenvolvendo este conhecimento, a quantidade de informações conhecidas sobre as relações entre as feições presentes na rota aumenta e a estimativa de distâncias relativas se desenvolve (Kraft, 2001). Neste nível os usuários começam a ter uma imagem mais precisa do espaço que separa as características individuais do percurso e a duração do percurso. O conhecimento de rota permite que um usuário viaje através de rotas conhecidas, mas não lhe permite usar rotas suplementares desconhecidas (Kraft, 2001), pois não existem pontos de referência para estas novas rotas.

Aprender uma rota que envolve a identificação da origem e destinos, saber o número de trechos e sua sequência apropriada, reconhecer nós e intersecções, identificar pontos de escolha nas quais as decisões podem ser tomadas, lembrar o número de voltas e as direções incorporados em uma determinada rota. Além disso, é necessário que a pessoa seja capaz de refazer ou reverter a rota (Goodledge e Gärlin, 2003).

A terceira classe de conhecimento é o de terreno. Este conhecimento é desenvolvido a partir da perspectiva de uma terceira pessoa (por exemplo, uso de mapas para uma extensa análise do ambiente). O conhecimento de terreno descreve as relações na cena que permitem que os usuários avaliem as posições relativas de feições em relação à localização de outros no ambiente e estabelecer rotas suplementares (Burigat e Chittaro, 2007). Trata-se de uma síntese de rotas e pontos de referências que capacita o indivíduo a inferir o relacionamento entre feições e entender suas relações no espaço. O conhecimento de terreno é o nível mais alto de conhecimento espacial de um ambiente e se trata de uma representação, que quando externalizada é semelhante a mapas, hierarquizada, consistindo de conceitos generalizados ou logicamente selecionados do ambiente (Darken e Siebert, 1993). Isto sugere que representações 3D generalizadas podem contribuir mais para a formação do conhecimento espacial do que representações altamente realísticas por assistir o modo como pensamos (Vinson, 1999; Burigat e Chittaro, 2007).

Segundo Vinson (1999), como os mapas cognitivos são usados para navegar tanto no mundo real como em ambientes virtuais, as distorções nos mapas cognitivos dos usuários podem ser confusas e levar a erros de navegação de maneira semelhante em ambos os ambientes. Estas distorções surgem, salvo problemas de percepção, de processos internos que deformam a compreensão do que o usuário absorve da representação. Goldstein (2010) trata os processos internos como erros de habituação. Estas deformações são produto das estruturas de memória interna e refletem o estado atual dos mapas cognitivo dos indivíduos (Lloyd e Bunch, 2005b), criadas em função das memórias já adquiridas. Segundo o autor, as deformações tendem a ser extremamente complexas e variam consideravelmente entre os indivíduos. Estes processos ajudam os usuários a lembrar da disposição e forma dos objetos de maneira equivocada, como estimativa de distâncias, alinhamentos entre objetos, ou cores trocadas.

Segundo Pinker (2009, p 307) estas distorções podem ocorrer na fase da percepção do mapa. O autor chama de *Efeito Perky*, o efeito causado pelas imagens mentais na percepção das pessoas. Este efeito é evidente quando as pessoas veem algumas formas e imaginam outras. Neste caso, às vezes, tem dificuldades para lembrar quais foram vistas e quais foram imaginadas. O autor

exemplifica que quando participantes de testes foram questionados a lembrar características de algumas formas sem alguma representação disponível, como contar ângulos retos de uma letra de forma baseada pela memória, sua coordenação visual-motora é afetada.

Para Goodlege (2003), erros na codificação das relações espaciais entre os objetos podem resultar em posicionamentos inadequados do ponto de ancoragem, ou ponto de referência. Segundo o autor, isto pode ser responsável por muitas das distorções e fragmentações encontradas na tentativa de exteriorizar mapas cognitivos. Isto é constatado nas pesquisas de Nguyen et al (2009) e Williams et al (2009) que concordam com o autor ao afirmar que as distâncias mais curtas geralmente são superestimadas, enquanto distâncias maiores são subestimadas. Segundo Goodlege (2003), o que é significativo é que um indivíduo não precisa ter um mapa cartograficamente codificado e armazenado na memória para ser capaz de seguir uma rota ou navegar pelo ambiente. Entretanto, as relações espaciais de algumas feições presentes na representação e no mundo real, com os quais o indivíduo consegue relacioná-los devem estar corretas.

4.2.1. Os problemas da navegação em mapas 3D

Problemas na navegação são ainda mais graves em mapas 3D, pois como a maioria dos ambientes virtuais engloba mais espaço do que pode ser visto a partir de um único ponto, os usuários têm que ser capazes de navegar eficientemente dentro do ambiente a fim de obter diferentes visões da cena e a quantidade de detalhes pode prejudicar a seleção de referências. Uma representação 3D tem sua utilidade determinada pela capacidade do usuário em se locomover e interagir com as informações contidas nesta representação (Tan et al, 2001). Os autores definem o ponto de vista como o movimento de deslocamento em um ambiente virtual especificados por posição, orientação e velocidade da câmera virtual. O cartógrafo, criador da carta 3D, deve especificar cada um desses fatores.

Aprender e lembrar mapas 3D pode ser muito difícil para o usuário devido ao grande volume de informação e reduzida existência de pontos de referência para orientação. Para Darken e Sibert (1993), usuários de sistemas de realidade virtual, imersivos ou não, podem perder a “consciência” espacial e

facilmente ficar perdidos ao se deslocarem na cena. Entretanto, simples aprimoramentos aos ambientes virtuais, como uso apropriado da simbologia, podem reduzir drasticamente a desorientação e melhorar a navegação (Darken e Sibert (1993); Vinson (1999); Chittaro e Burigat (2004)), pois parece haver um limiar a partir do qual a orientação é plenamente estabelecida e a tarefa de navegação se torna possível.

Sabe-se muito pouco sobre qual é o impacto perceptivo e cognitivo do número de quadros por segundo, ângulo de visada, complexidade do caminho em relação à complexidade da cena, e o papel das dicas (efeitos adicionais aos pontos de referências) de orientação para prevenir desorientação (Harrower e Sheesley, 2005). Os problemas com a navegação exploratória de ambientes virtuais em mapas 3D são resumidos por estes autores como:

- a) Limitações da perspectiva oblíqua: As representações perspectivas tridimensionais sofrem limitações em razão da inconstância da escala ao longo da cena dificultando aos usuários estimar tamanhos relativos, distâncias e direções;
- b) Excesso de informações: Abstração e generalização são elementos essenciais que derivam da seleção e categorização de informações relevantes para reduzir o nível de detalhes, representar a realidade e expor relacionamentos e padrões. A generalização cartográfica em modelos 3D para navegação pode ser vantajosa para permitir que usuários organizem mentalmente o espaço e a estrutura da paisagem. Isto sugere que representações 3D generalizadas podem contribuir mais diretamente para a formação do conhecimento do terreno do que representações altamente realísticas por assistir o modo como pensamos (Vinson, 1999; Burigat e Chittaro, 2007).
- c) Oclusão visual: Quando se visualiza uma superfície em perspectiva, porções desta superfície podem estar oclusas devido ao ângulo de visada baixo ou a grandes variações verticais do relevo. Segundo Harrower e Sheesley (2005) a utilização associada de perspectivas 2D (exocêntrica, como um mapa) e 3D (egocêntrica, como em mapas 3D com vista oblíqua) faz com que toda a paisagem seja sempre visível ao usuário. Além da oclusão, as perspectivas exocêntrica e egocêntricas provaram ser altamente eficazes na melhoria da orientação e navegação de usuários. Estes

resultados são corroborados por Darken e Siebert (1993), Tory et al. (2004) e Davies e Peeble (2006).

- d) Desorientação do usuário: A desorientação é o maior desafio cognitivo para os usuários de ambientes virtuais (Harrower e Sheesley, 2005). Neste tipo de ambiente, o problema maior não parece estar na navegação em si, mas permitir ao usuário manter sua orientação.

4.2.2. Metáforas para orientação e navegação

Nas pesquisas dos autores citados acima, existem diferentes proposições para que os usuários mantenham sua orientação. Estas soluções podem ser classificadas em orientação no modelo, realizada através da simbologia; e a orientação na interface mapa-usuário, realizada através de ferramentas construídas a partir da adoção de metáforas para navegação.

4.2.2.1. Orientação no modelo: diretrizes de Vinson para simbologia

Em especial a pesquisa desenvolvida por Vinson (1999), aponta para uma série de diretrizes para navegação em ambientes 3D. As pesquisas de Vinson se baseiam em Lynch (1960). Segundo Klippel (2003), a pesquisa de Lynch compreende a percepção de objetos físicos organizados em cinco classes: caminhos, limites, distritos, nós e pontos de referência.

Segundo Vinson (1999), a necessidade destas diretrizes existe por três motivos: muitos ambientes virtuais exigem que o usuário navegue como forma de entender a representação; a navegação em realidade virtual não é uma tarefa trivial e apresenta muitas questões abertas à pesquisa; e a desorientação desestimula os usuários em continuar usando o ambiente. Com enfoque às duas primeiras razões apresentadas, este autor pesquisou na literatura diversos estudos e compilou 13 diretrizes para a criação de pontos de referência eficientes. Abaixo são apresentadas as diretrizes de Vinson (1999):

- Diretriz 1 - É essencial que o ambiente contenha vários pontos de referência. À medida que a experiência do usuário com a representação aumenta seu mapa cognitivo gradativamente é refinado, em especial a precisão de estimativas das distâncias das rotas, o sentido de orientação e a compreensão das posições relativas dos pontos de referência. Para Vinson (1999), baseado em Lynch (1960) (figura 12), os pontos de

referência sofrem um tipo de generalização e são constituídos de diferentes elementos em diferentes escalas, cada vez mais detalhados. Um exemplo é fornecer um endereço a partir do bairro, em seguida rua, em seguida o número e complementos como andar, ou cor da casa.

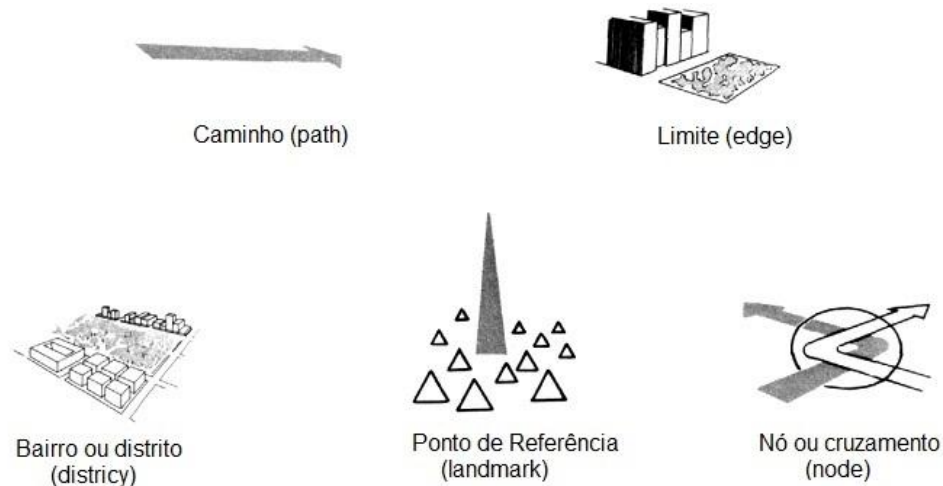


FIGURA 12: EXTRATO DAS REFERÊNCIAS DE LYNCH (1960)
 FONTE: Traduzido de Klippel (2003)

- Diretrizes 2, 3 e 4 - Os diferentes pontos de referência, em diferentes escalas, devem estar presentes e ser distintos entre si: um único mapa não pode fornecer o nível de detalhe necessário para navegação local e, ao mesmo tempo, uma visão global de todo o ambiente em pequena escala. Por isso, se houver mudança de escala através do deslocamento da câmera é importante que os pontos de referências sejam claramente identificáveis. Em escalas pequenas ou grandes, o usuário deve entender o ponto de referência como sendo a mesma feição, generalizada em maior ou menor grau. Isso é comumente utilizado na computação gráfica como o operador de substituição. À medida que o observador se aproxima da feição, um símbolo mais detalhado é apresentado a ele. Também importante que os objetos sejam projetados de modo que os usuários intuitivamente os escolham como referência.
- Diretriz 5 - Na construção dos pontos de referência devem-se utilizar objetos concretos e não objetos abstratos: segundo Vinson (1999), existe um aumento sensível de navegabilidade ao se utilizar pontos de referências em 3D com alto grau de realismo. Em contraste, pontos de referências construídos com formas coloridas abstratas foram

insuficientes nos testes realizados. Entretanto, em RV de ambientes naturais, objetos artificiais realistas têm maiores chances de se destacarem na paisagem e aumentar a capacidade de serem lembrados. Essas conclusões contrapõem o princípio de Haeberling et al (2008) que afirmam não haver necessidade de realismo nos objetos, senão para fins estéticos, resultado semelhante a Zanola (2009). O grau de realismo da representação pode ajudar na identificação do símbolo e atender às preferências dos usuários, mas durante a navegação virtual a grande quantidade de detalhes pode confundir o usuário. Sob estes aspectos, o grau de realismo favorece a identificação do símbolo desde que não seja estendida a toda representação, mas restrito ao ponto de referência.

- Diretriz 6 - Uma referência deve ser distinguível de objetos próximos e outros pontos de referência.
- Diretriz 7 - As faces dos objetos usados como pontos de referência devem ser diferentes umas das outras: os pontos de referências devem ser distintos de várias maneiras:
 - Devem ser claramente distintos em relação a objetos próximos, o que pode ser obtido com as mudanças das variáveis visuais;
 - Um ponto de referência deve ser facilmente distinto de outros pontos de referência próximos;
 - Os lados de cada ponto de referência devem ser diferentes um do outro. Estas diferenças podem ajudar a determinar a orientação, pois ao se saber que determinada face do objeto está voltada a uma determinada direção pode-se indicar o sentido desta direção.
- Diretriz 8 - O poder de distinção de pontos de referência pode ser aumentado colocando outros objetos nas proximidades: sempre que um único objeto não é suficientemente distinto no ambiente, a colocação de um objeto totalmente diferente nas proximidades pode ajudar os usuários a determinar sua orientação. A distância existente entre as duas feições permite o estabelecimento de uma base de comparação a partir da qual o usuário é capaz de definir sua posição. Em

representações de ambientes naturais, entretanto, sugere-se que o ponto de referência seja suficientemente distinto do ambiente de modo a não exigir este tipo de complementação.

- Diretriz 9 - Pontos de referência devem ter características que os distingam como um grupo: a partir do momento que pontos de referência são construídos é importante que sejam facilmente discerníveis dos demais objetos da representação, e pelos princípios da percepção, devem ser agregados pela semelhança.
- Diretriz 10 - Colocar pontos de referência nas rotas principais e nas interseções de rota: o correto posicionamento dos pontos de referências reforça a sua capacidade de ser lembrado e facilita a navegação, pois orienta o usuário ao seguir para os pontos de interesse. Além disso, fornecer uma rota pode minimizar o número de pontos de referência necessários no ambiente virtual sem diminuir o apoio a navegação. A quantidade de informações pode influenciar no desempenho do processamento da cena, o que interfere na interatividade. Por isso, é aceitável substituir um grande número de referências por linhas, como no caso de estradas.
- Diretriz 11 - Organizar os eixos de vias e arestas dos objetos que compõem os pontos de referências de modo que a posição relativa seja ortogonal.
- Diretriz 12 - Alinhar os eixos principais dos pontos de referência com os eixos principais das rotas ou da grade.
- Diretriz 13 - Alinhar os eixos principais de cada ponto de referência com os dos outros pontos de referência.

Vinson (1999) afirma que o cartógrafo deve criar uma representação cujos arranjos dos objetos constituam uma distribuição ortogonal, semelhante a uma grade, ou matriz, organizada em linhas e colunas. Uma consequência da regularidade espacial é que as relações espaciais entre regiões são uma aproximação das relações espaciais entre objetos contidos nessas regiões. Por

consequente, as estimativas sobre as posições relativas dos objetos na representação não serão tão distorcidas quanto às produzidas por uma estrutura irregular (Vinson, 1999). Essa recomendação é semelhante ao experimento de Darken e Sibert (1993), que compararam a navegação sobre uma grade orientada ao norte em relação a uma grade orientada ao vetor da linha de visada da câmera. Os usuários da grade orientada ao norte conseguiram manter o senso de direção com maior nível de sucesso que aqueles cuja grade acompanhou a câmera. Salienta-se que esta grade não é a grade de coordenadas do mapa. No contexto de mapas de referencia geral nem sempre é possível obter esta distribuição regular frente ao compromisso com a representação da posição e características das feições. Por essa razão a distribuição dos pontos de referência deve ser realizada de modo aproximado ou selecionar feições próximas a estas posições para pontos de referência.

Construir representações que abordem estes conhecimentos se torna uma questão fundamental para navegação e para se determinar como usuários se orientam em ambientes virtuais.

4.2.2.2. Metáforas na interface mapa-usuário

Uma metáfora, como apresentado por Schmidt e Delazari (2010), é uma analogia virtual a um dispositivo que exista e que seja usado para a navegação. A partir desta metáfora é possível se construir uma ferramenta, ou seja, uma representação virtual, na representação 3D ou na interface, que transmita a mesma informação que o dispositivo real. Por exemplo, uma bússola virtual é uma ferramenta construída para se assemelhar a um dispositivo real de medição de ângulos. A metáfora utilizada é a determinação do ângulo da linha de visada em relação ao norte da representação. Neste caso a ferramenta é a bússola que tem o seu equivalente virtual em um círculo graduado com um ponteiro que gira à medida que a linha de visada da câmera do mapa 3D gira.

Autores como Vinson (1999), Darken e Paterson (2001), Tory et al (2004), Harrower e Shessley (2005), Davies e Peebles (2006), afirmam que a desorientação durante o uso da representação pode ser minimizado com auxílio de analogias eletrônicas comumente utilizadas por usuários para navegar em ambientes virtuais desconhecidos. Neste sentido, um grande

esforço tem sido destinado ao desenvolvimento de auxílios à navegação de modo a ajudar o usuário a explorar e apreender o ambiente ao seu redor. Um problema com estas metáforas, segundo Chittaro e Burigat (2004), é o desconhecimento do uso das tecnologias disponíveis e seu relacionamento com a criação de mapas mentais que permitam aos usuários estabelecer o conhecimento espacial da região.

Dentro do contexto de projeto cartográfico, espera-se que a eficácia de cada metáfora e sua ferramenta seja maior na tarefa para a qual o mapa será utilizado. Por exemplo, um mapa pode ser mais adequado para tarefas que exigem uma compreensão de toda a paisagem ou fenômeno. Abaixo são apresentadas as metáforas selecionadas e discutidas em Schmidt e Delazari (2010):

- a) Pontos cardeais na borda do modelo (Haeberling, 2002; Fosse, 2008): Ao longo do plano de referência do modelo há a inserção de letras nas laterais do modelo para indicar a direção dos pontos cardeais e colaterais. Este método apresenta fragilidade em relação à oclusão, pois dependendo do ângulo de visada, as letras podem ser encobertas por elementos da paisagem;
- b) Rosa dos ventos (Haeberling, 2002; Fosse, 2008): A rosa dos ventos, inserida no plano de referência do modelo, indica as direções de norte, sul, leste e oeste. Este modelo sofre dos mesmos problemas do modelo anterior, oclusão e aspectos de visualização o que altera a percepção do mesmo;
- c) Flechas 2D E 3D (Chittaro e Burigat, 2004; Burigat e Chittaro, 2007): Estes autores exploram respectivamente flechas em 2D e 3D que apontam para objetos e lugares que o usuário tem que chegar, de forma a proporcionar direções absolutas para os alvos. Nesta proposição, as informações sobre a distância e o nome do objetivo pretendido são fornecidos através de textos colocados próximos a seta correspondente;
- d) Radar (Burigat e Chittaro, 2007): A terceira ferramenta de navegação destes autores supõe uma metáfora semelhante ao radar. A posição do usuário é colocada no centro e as posições dos objetos são indicadas por meio de pontos coloridos na área do radar;

- e) Uso de mapas associados à marca itinerante (Fosse, 2008): Esta metáfora exhibe simultaneamente um mapa de referência bidimensional em escala muito menor e perspectiva ortogonal que recebe um símbolo que indica a posição da câmera. Enquanto o usuário navega no modelo 3D a sua posição é apresentada na figura plana ao lado através de uma marca itinerante, representada por um asterisco;
- f) Grade de referência (Harrower e Sheesley, 2005): Os autores afirmam que a grade de referência provê pontos de referência para inferir distâncias e direções, e também torna as tarefas de busca mais “confortáveis” ao fornecer uma estrutura visível, regular e direcionada. A grade também divide o ambiente em quadrantes que ajudam a manter a orientação e posição. Harrower e Sheesley (2005) estenderam a aplicação da grade de Darken e Sibert (1993) para representações foto realísticas com resultados bastante positivos, mostrando que o efeito da grade para orientação relativa é bastante efetivo quando esta é aplicada diretamente ao modelo;
- g) Bússola: A metáfora da bússola é uma adaptação dos jogos eletrônicos sugerida neste trabalho como uma possível solução para usuários especialistas, ou que ao menos tenham o conhecimento mínimo na utilização destes dispositivos. A bússola proposta deve se mover no horizonte da representação, sem ficar oclusa ao usuário durante a navegação. A indicação obtida é o azimute expresso em graus, sendo a orientação da linha de visada concorrente com a da representação;
- h) Jetstrip (Harrower e Sheesley, 2005): Trata-se de uma metáfora que simula o rastro de uma turbina a jato, de forma a marcar o caminho percorrido pelo usuário e permitir que o mesmo seja refeito na volta. A vantagem dessa abordagem é não ocupar muito espaço graficamente na tela e ajudar os usuários a lembrarem do local de partida. As desvantagens do rastro é que o usuário só pode ver uma parte do caminho (a parte que está dentro do campo de visão no momento) e, portanto, eles não retratam todo o voo em uma única cena. Potencialmente, se o voo é muito complexo e têm muitos cruzamentos, estes caminhos podem ser difíceis de seguir corretamente.
- i) Tapete mágico (Pimentel et al, 2001): O usuário se imagina sentado sobre o tapete voador da literatura infantil e sobrevoa o mundo virtual.

Nesta metáfora são permitidas as translações segundo um referencial XYZ com uma limitação intencional das rotações dos eixos (*Roll*, *Pitch*, *Yaw*) como forma de minorar a desorientação.

- j) Mapa topográfico bidimensional: A carta topográfica bidimensional, ou seja, impressa ou digital com ponto de vista ortogonal pode ser entendida como uma metáfora na qual toda a área é representada de maneira simbólica e que codifica as relações espaciais das feições representadas.

A orientação no modelo foi objeto de estudo de Schmidt e Delazari (2010) que realizaram testes com o mapa digital com marca itinerante e o mapa impresso. Os seus resultados apontam que a orientação na interface é uma estratégia válida quando se busca complementar uma simbologia pobre ou confusa da carta 3D. As evidências encontradas por estes autores apontam que se o objetivo de uso do mapa for explorar e conhecer a região, este tipo de orientação tende a colocar uma maior demanda cognitiva sobre o usuário. Nos testes com o uso concomitante de mapas digitais, os usuários não conseguiram lembrar-se do caminho percorrido com o mesmo nível de detalhe do grupo que interagiu com o mapa 3D sem ferramentas de orientação. Isto se contrapõe a Darken e Sibert (1993) que afirmam que, de maneira geral, mapas digitais reforçados por funcionalidades de indicação da orientação do usuário podem transmitir um amplo conhecimento sobre a região de estudo de modo mais eficiente. Pelos resultados obtidos, os usuários para chegar a tal nível de conhecimento de maneira consistente teriam que gastar tanto tempo analisando os mapas associados quanto o fariam somente com o mapa em papel. Em outras palavras, o usuário é capaz de navegar com mais eficácia utilizando simultaneamente dois pontos de vista (egocêntrico do mapa 3D e exocêntrico do mapa digital), semelhante ao que realiza no mundo real. Porém, isso não significa redução no tempo de uso do mapa ou aceleração no processo de aprendizagem das relações existentes entre os elementos da paisagem sem estudar as representações por longos períodos.

Por estas razões, a orientação na interface é apresentada nesta sessão sem maiores aprofundamentos, o que se desviaria dos objetivos desta pesquisa.

4.3. RESUMO DO CAPÍTULO

Assim como um mapa é uma representação abstrata e generalizada do mundo real, a forma como as informações são armazenadas internamente também o são. Por isso, o mapa cognitivo deve ser entendido como uma metáfora da realidade cujas representações são influenciadas pelas habilidades espaciais de cada indivíduo. A capacidade de raciocínio geométrico, visualização, identificação e reconhecimento padrões espaciais, entre outros explicam algumas diferenças no desenvolvimento do mapeamento cognitivo.

A aquisição de conhecimento espacial passa pela capacidade de rotação de objetos, identificação de símbolos e autolocalização. A partir destes é possível derivar informações e estimativas de distância, direções (azimutes), sequência de pontos de referência e rotas e, a partir destes, o conhecimento de terreno. De forma geral, os autores apresentados neste capítulo, teorizam que a disposição dos símbolos e suas relações com os símbolos nos seus entornos contribuem para a ancoragem da posição do usuário, afetam sua capacidade de autolocalização e permitem a passagem de um tipo de conhecimento para outro, ainda que as representações internas sejam diferentes para cada pessoa. Para o desenvolvimento da pesquisa é importante destacar que o conhecimento necessário para navegação e a representação interna é de difícil determinação mesmo por testes em laboratório. Entretanto, os conceitos derivados, como a estimativa de posição e de distância, e a orientação dos pontos de referência selecionados, fornecem um parâmetro mensurável para a realização dos testes.

5. ASPECTOS DA PERCEÇÃO E PROPOSTAS PARA CONSTRUÇÃO DE SIMBOLOGIA 3D

5.1. PERCEÇÃO EM MAPAS

Segundo abordagem de Marr⁵ (1982 apud Maceachren, 1995) para a visão, esta pode ser entendida como um sistema de processamento de informações encadeadas em módulos de processamento. Como uma analogia à teoria da computação, o autor desenvolveu uma representação do processo da visão na qual propôs quatro módulos de processamento ligados que transformam uma representação não estruturada bidimensional da cena visual em uma representação do modelo altamente estruturada em três dimensões (figura 13).

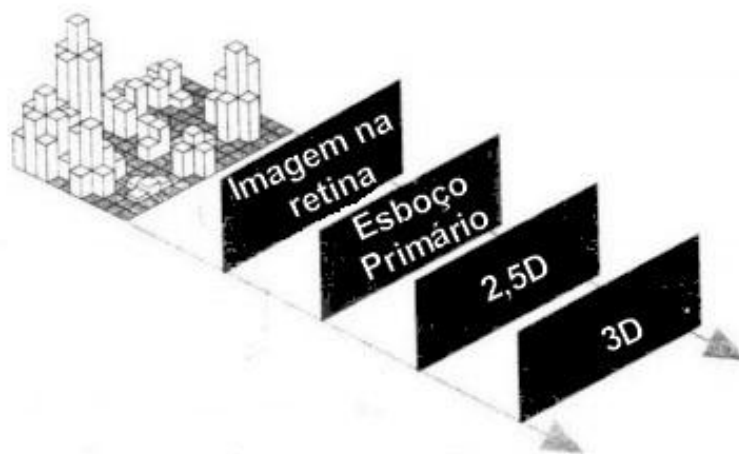


FIGURA 13: ESQUEMA DO PROCESSO DA VISÃO DE MARR
FONTE: Tradução de Maceachren (1995).

No primeiro estágio deste esquema a representação cria uma imagem na retina. Esta imagem é resultado dos estímulos causados pelos elementos da representação através de processos biológicos próprios do sistema olho-cérebro. A informação contida na imagem da retina é dada através de mudanças de intensidade da imagem de modo a identificar a forma e distribuição desses contrastes. A representação resultante é um esboço primário, com a perspectiva e a orientação das superfícies (Issmael, 2008).

⁵ Marr, D. (1982). Vision. A computational investigation into the human representation and processing of visual information. New York: Freeman.

No esboço primário (segundo estágio) a percepção de pontos, contornos e áreas, se dá pelo agrupamento dos elementos básicos identificados na imagem da retina. Estes agrupamentos determinam se os símbolos são vistos como pretendido e quais os tipos e escalas de padrões são notados (Maceachren, 1995). Neste ponto parece haver a pressuposição de que existam diferentes níveis, ou escalas, de percepção de modo que a imagem possa ser percebida de maneira global inicialmente e, em seguida, em detalhes (Humphreys e Quinlan⁶, 1987 apud Maceachren, 1995).

Para Pinker (2009, p152) neste estágio da visão, aquilo que se percebe é um produto altamente processado. A formação destes agrupamentos é percebida no nível de consciência intermediário em que o leitor do mapa se encontra. Neste caso, os níveis mais baixos de percepção (identificação das primitivas gráficas e variações de matiz e valor de cor) não são necessários e níveis mais altos (associação de ideias abstratas) não são suficientes. Em outras palavras, neste estágio, os dados brutos da retina e os processos do cérebro para sua interpretação estão ocultos ao resto da cognição. Por este motivo, no processo de percepção de uma figura estática, a forma e o valor de cor (luminosidade) permanecem constantes para a percepção mesmo que existam mudanças nas condições de visualização, como alterações na iluminação do local. Isto permite que o objeto seja percebido da mesma forma em diferentes momentos ou locais.

À medida que a distribuição espacial é percebida e processada, a atenção passa a influenciar a percepção, dividindo a cena e focando detalhes dos objetos contidos nestas partes. Os estudos de atenção dividida de Pomerantz et al (1985) fornecem uma prova de estruturas globais, tendo precedência sobre as características individuais. Estas pesquisas concordam com Vinson (1999) e Lynch (1960 apud Klippel, 2003) (ver capítulo 5), que afirmam que na navegação a representação de pontos de referência deve ser escalonada de forma que os símbolos sejam identificados da mesma maneira desde uma escala global até o detalhe.

⁶ Humphreys e Quinlan. 1987. Normal and pathological processes in visual object constancy. In G.W. Humphreys and M. J. Riddoch. Visual object processing: a cognitive neurological approach (pp43-105). London: Erlbaum.

Embora não haja uma ligação clara entre os princípios de agrupamento e formação de figuras, o agrupamento de contornos e regiões é uma etapa necessária na derivação um esboço primitivo (Maceachren, 1995). Uma vez que os segmentos de reta que formam os limites dos objetos são agrupados em contornos, torna-se possível para a visão resolver a separação da figura-fundo.

A próxima etapa é o entendimento da representação como uma superfície (2,5D) na qual os elementos da representação estão dispostos. A distribuição dos objetos sobre esta superfície, também entendida como uma matriz visual por alguns autores (Darken e Siebert, 1993 e Vinson, 1999), apresenta os elementos de tal forma que surge um sistema de coordenadas no qual o leitor do mapa é capaz de perceber propriedades como a orientação da superfície e distâncias relativas entre os elementos da imagem. Os processos pré-cognitivos envolvidos na criação da matriz visual determinam qual esquema de conhecimento será aplicado e são, muitas vezes, dependentes da forma como a informação é apresentada e em qual escala.

Para Santil (2008), a percepção não é entendida como um processo passivo de registro de estímulos, mas como um processo ativo da mente na qual existem duas vertentes para o processamento da informação visual. No *bottom-up* o processamento é orientado pelo estímulo, ou seja, este processamento é descrito como a visão pré-atentiva, partindo da imagem ao entendimento. No *top-down*, o processamento é dado em sentido inverso, ou seja, neste caso o conhecimento existente ou estruturas de conhecimento influenciam na discriminação dos objetos.

Isto sugere que parte do processo de reconhecimento é realizada na fase pré-atentiva, ou seja, no reconhecimento de padrões e organizações. Outra parte é realizada pela identificação do objeto, ou seja, conscientemente relacioná-lo a um esquema de conhecimento para lhe dar significado (Santil, 2008). No âmbito dos mapas, a organização perceptiva que opera em níveis mais altos é importante quando determinada informação deve ser ressaltada e as demais suprimidas (Maceachren, 1995).

A última etapa é a representação 3D. Esta representação é um modelo complexo estruturado a partir do qual múltiplos pontos de vista podem ser construídos. Esta representação, modular e hierárquica, é uma característica

chave que permite ligar o que se sabe sobre os processos visuais aos processos cognitivos de reconhecimento da forma e processamento visuais de níveis mais altos como a compreensão de um símbolo (Maceachren, 1995).

5.1.1. Organização perceptiva, atenção e entendimento da imagem

Na busca por uma integração do processo mental com o processamento visual da imagem, a teoria de Marr parece útil para detectar em que as variáveis visuais podem auxiliar na percepção visual e como elas contribuem com a cognição visual (Santil, 2008). Entre a visão primária e a de alto nível há a visão intermediária que é a etapa em que se encontram os processos de organização perceptiva e atenção.

A atenção relaciona-se às operações perceptivas responsáveis por selecionar objetos relevantes ou importantes para desenvolver atividades de leitura do mapa. Ela favorece o processamento visual detalhado (Santil, 2008), ao aplicar a seleção para minimizar a interferência entre diferentes operações de identificação de objetos representados. Maceachren (1995) argumenta que a atenção é mais seletiva para determinadas variáveis visuais do que para outras. O autor exemplifica esta afirmação ao destacar a capacidade humana de prestar mais atenção a um determinado local no mapa (independentemente da forma do símbolo) do que a uma forma em particular. A atenção seletiva é relacionada à seletividade das variáveis gráficas de Bertin.

As pesquisas de Bertin⁷ (1983, apud Maceachren, 1995) sobre a capacidade de separação de variáveis visuais apontam que estas funcionam num sistema binário no qual assumem uma posição determinada como seletiva ou não seletiva. No contexto dos mapas, se as variáveis visuais são utilizadas de maneira que as feições representadas podem ser percebidas como objetos não relacionados a outros semelhantes, então não são agrupadas. Por outro lado, se for difícil, ou mesmo impossível, observar estas variáveis separadas então serão percebidas como agrupadas (Maceachren, 1995). Isto foi utilizado nas pesquisas de Bertin ao tratar das variáveis visuais forma e tamanho para mapas com símbolos pontuais.

⁷ Bertin (1983). Bertin, Graphics and Graphic Information Processing. Berlin: Walter de Gruyter.

Entretanto, Maceachren (1995) faz a ressalva de que conceito de seletividade de Bertin está limitado ao agrupamento por similaridade, ou semelhança, cuja ênfase é se o agrupamento visual é imediato para todos os símbolos na categoria identificada por uma característica específica, uma variável visual. Segundo Reimer (2011), o principal argumento de Bertin para explicar o comportamento encontra-se na capacidade das variáveis visuais valor e tamanho em alterar a visibilidade dos símbolos, de modo que uma variação de visibilidade torna-se impossível ou muito difícil de ser ignorada. Segundo este autor a seletividade pode ser entendida como sendo semelhante ao conceito de capacidade de percepção pré-atentiva. A percepção seletiva, nesse sentido, denota a capacidade de olhar para todos os símbolos que compartilham uma variável visual e vê-los de uma só vez, sem esforço. De maneira análoga se uma variável visual não é seletiva, ou se a seletividade é obstruída por variáveis visuais disassociativas, então o usuário sentirá necessidade de comparar cada símbolo com os demais para diferenciá-los. Esta influência na percepção da distribuição de um fenômeno altera a organização perceptiva.

A organização perceptiva é parte do processo pelo qual os estímulos são coletados pelo sistema visual e são combinados, integrados e estruturados para dar sentido à observação (Pomerantz e Portillo, 2010). Segundo Maceachren (1995), a organização perceptiva enfatiza a noção de atenção seletiva, que se refere à capacidade humana de focar em determinada característica de uma representação e ignorar outras. Este autor concorda com Pomerantz⁸ (1985, apud Maceachren, 1995) que afirma que os leitores de um mapa percebem unidades perceptivas (segmentos de retas, manchas, regiões, e outros apontados anteriormente) antes que uma escolha seja feita entre os objetos ou regiões que serão o foco da atenção. Esta afirmação remete às etapas iniciais do esquema de Marr, nos quais os estímulos visuais impressionam a retina e alguns processos identificam as unidades perceptivas mais elementares e a partir dos quais uma visão geral de toda a representação é desenvolvida. Por isso, segundo Maceachren (1995), as pesquisas que incorporam as premissas básicas de Marr na formação do esboço primário têm

⁸ Pomerantz et al.(1985). Perceptual organization in information processing. In A.M. Aitkenhead and M.J. Slack. Issues in Cognitive Modelling. London: Erlbaum.

focado nos princípios da Gestalt, para compreender o agrupamento na visão pré-atentiva e a separação figura-fundo. Estes dois processos são associados ao reconhecimento de objetos e padrões no processo de percepção de uma representação. Reimer (2011) ressalta que a associatividade de Bertin não compete com a teoria da Gestalt. Enquanto a Gestalt se preocupa com o fechamento dos símbolos e grupos, a distância entre os símbolos é irrelevante para seletividade. Ou seja, contrariando MacEachren (1995), Reimer (2011) obteve resultados que indicam que o uso das variáveis visuais como tamanho e matiz destacam-se mais que os agrupamentos visuais produzidos pela Gestalt, mesmo quando estes símbolos estão bastante separados no mapa, de forma a sugerir um limiar para aplicação da Gestalt. Os resultados apontam que a Gestalt é mais voltada a formação dos objetos individuais enquanto que as variáveis visuais de Bertin permitem agrupamentos de símbolos distantes na representação.

5.1.1.a. Leis da Gestalt

A Gestalt considera que a mente organiza naturalmente os estímulos visuais de modo a responder ao padrão de estímulos a que está exposto de forma coerente e global, e não aos estímulos criados por elementos individuais na imagem. Ou seja, ao observar um símbolo, o reconhecimento do mesmo se faz de modo integral, vendo o símbolo como um objeto completo e não as primitivas gráficas e variáveis visuais de maneira independente para em seguida organizar as relações entre objetos segundo a organização perceptiva. Gomes Filho (2009) afirma que o agrupamento é realizado de tal forma que não se vê as partes isoladas, mas uma parte na dependência de outras partes.

O agrupamento dos elementos presentes na imagem da retina responsável pela formação do esboço primário ocorre segundo os fatores, ou leis, da Gestalt para agrupamento (Maceachren, 1995, p 72):

1. Proximidade: Objetos próximos tendem a serem vistos como partes de um grupo (figura 14). Esta afirmação também é válida para a formação do objeto em si, nos quais unidades perceptivas próximas tendem a ser vistas como um objeto. Neste caso o agrupamento em relação à proximidade, por exemplo, implica que existe uma distância limite em relação aos elementos que compõem um símbolo para estes sejam

vistos como um objeto. À medida que esta separação aumenta os elementos do objeto não são vistos em grupo de modo que o objeto em si fica descaracterizado. O mesmo é válido para conjuntos de símbolos. Por exemplo, para um conjunto de árvores ser visto como um bosque existe uma distância limite;



FIGURA 14: EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA PROXIMIDADE A PONTOS
FONTE: Gomes Filho (2006)

2. Semelhança: Objetos com variáveis visuais (matiz, valor de cor, forma, entre outros) semelhantes formam agrupamentos visuais. A figura 15 apresenta a agregação por semelhança de forma em pontos e linhas paralela;

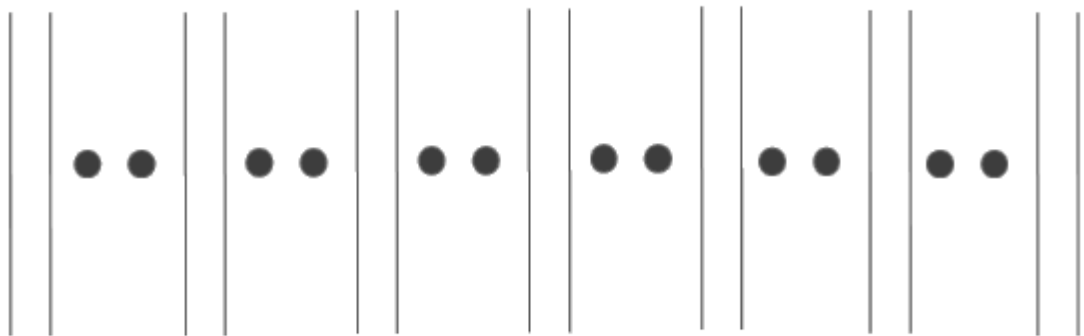


FIGURA 15: EXEMPLO DE SEMELHANÇA
FONTE: Gomes Filho (2006)

3. Movimento comum: Objetos movendo-se juntos são vistos como um grupo. Segundo Maceachren (1995) esta lei substitui a proximidade, a semelhança e outros fatores, para agrupá-los em um novo grupo que realiza movimentos semelhantes. Este item é descrito em diferentes

pesquisas com mapas digitais nos quais os símbolos piscam ou alteram as propriedades de certas variáveis visuais. Nos mapas 3D a posição do usuário muda constantemente na representação enquanto a representação permanece estática. Entretanto a impressão é inversa, ou seja, para o usuário é o mapa que se move. Isto pode estar relacionado com as demais informações sensoriais recebidas pelos sentidos no momento que o mapa está sendo usado. Desta forma, objetos do mapa podem ser visualmente reunidos de maneira indesejável durante a mudança de posição de observação. A separação entre as diferentes categorias pode ser realizada pela alteração de algumas variáveis visuais, como, por exemplo, o matiz;

4. *Pregnância da forma (Pragnanzstufen)*: Este fator implica na coesão dos elementos que compõem um objeto. Gomes Filho (2009) cita que um objeto com alta *pregnância* tende a ter uma estrutura mais simples, mais equilibrada, regular e homogênea. Este fator está ligado com a legibilidade do objeto (figura 16), ou seja, objetos com formas menos detalhadas são mais facilmente reconhecidos que outros com uma grande quantidade de informação visual na forma. Este item é bastante sensível quando as representações 3D são fotorrealísticas, pois o alto grau de detalhamento pode prejudicar o agrupamento dos diferentes objetos em classes.

Pregnância da forma

Pregnância da forma

Pregnância da forma

Pregnância da forma

Pregnância da forma

FIGURA 16: EXEMPLO DE PREGNÂNCIA DA FORMA
FONTE: Gomes Filho (2006)

5. Unicidade: Esta lei define que se um conjunto de objetos é inicialmente visto como um grupo, então existe a tendência de continuar sendo percebido como tal ao longo do tempo ainda que existam mudanças na posição desses objetos. Este conceito se aplica à animação. No contexto de mapas em vista perspectivas, este fator assegura que os objetos vistos como grupo permaneçam como tal mesmo quando mudanças no fator proximidade, causados pela variação de escala, não permitam agrupamento ou formem grupos diferentes em uma cena estática (Maceachren, 1995).
6. Continuidade: Os objetos tendem a ser percebidos como elementos que acompanham uma direção constante. Maceachren (1995) exemplifica este fator ao permitir que curvas de nível em um mapa preto e branco possam ser vistos como algo separado das linhas retas que definem estradas ou rios (figura 17).

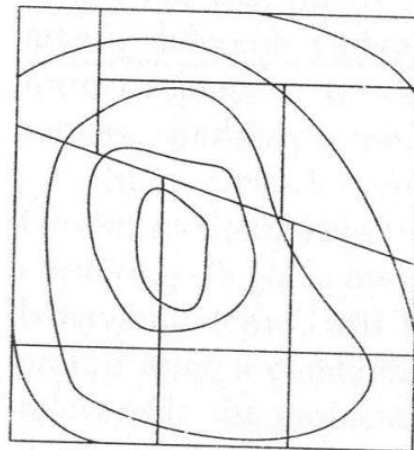


FIGURA 17: SEPARAÇÃO DE LINHAS CURVAS E RETAS DEVIDO A BOA CONTINUIDADE.

FONTE: Maceachren, 1995.

7. Fechamento: Há uma tendência de se ver objetos delimitados como uma unidade (figura 18). Na cartografia este efeito permite a sobreposição de elementos gráficos ou símbolos sem que isso impeça os leitores do mapa de perceber a feição representada. Este efeito pode ser exemplificado pela representação de um córrego estreito representado por uma linha azul, que corta uma cidade representada por uma área em

magenta. A sobreposição do rio não impede que o polígono que forma a cidade seja percebido como uma figura geométrica fechada;



FIGURA 18: EXEMPLO DE FECHAMENTO
FONTE: Gomes Filho (2006)

8. Simplicidade: Os objetos são agrupados na forma mais simples. Segundo Maceachren (1995), em situações ambíguas, os elementos são agrupados segundo a forma mais simples de ser percebida (figura 19). Entretanto, este fator sugere existe influência de processamentos top-down, discutidos mais a frente, pois seria necessária a comparação de possibilidades de objetos conhecidos para que seja selecionada a forma mais simples.

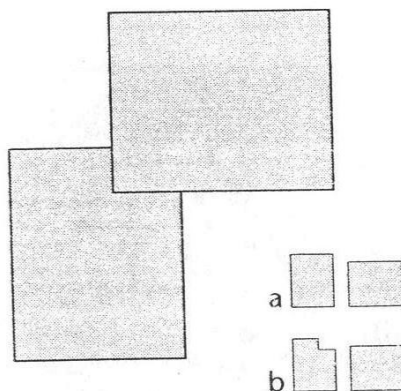


FIGURA 19: ORGANIZAÇÃO DE FORMAS PELA SIMPLICIDADE.
FONTE: Maceachren, 1995.

9. Experiência ou hábito: Formas ou distribuições familiares formam grupos. Este conceito dá continuidade ao item anterior, pois formas conhecidas podem tender a ser selecionadas ao invés de uma forma apresentada ou imaginada pela primeira vez.

Segundo Maceachren (1995), as leis da Gestalt de agrupamento desempenham um grande papel em classificar os grupos e as suas relações em mapas, na qual ele se torna uma etapa necessária na derivação um esboço primário de Marr. Segundo este autor, há evidências consideráveis de que os estágios de agrupamento inicial ocorrem quase inteiramente na etapa pré-atentiva da visão com pouca ou nenhuma influência de processos cognitivos. Dessa forma, os efeitos da Gestalt permitem que uma vez que partes elementares dos símbolos sejam agrupados, como por exemplo segmentos de reta agrupados em curvas, torna-se possível a separação da figura do fundo.

Em relação à separação figura-fundo, entretanto, segundo Maceachren (1995), as pesquisas indicam que a percepção não é totalmente isolada da cognição. Neste caso, mesmo que as figuras saltem aos olhos espontaneamente, existem indícios de que o conhecimento (cognição), ou expectativas em relação a representação, influenciem a percepção da figura e das relações figura-fundo.

5.1.1.b. Separação figura-fundo

A segregação da figura do fundo exige que a organização perceptiva contenha informação suficiente para que os elementos sejam vistos como grupos e atraiam a atenção para si (Maceachren, 1995). As distinções entre elementos significativos, e aqueles que são ignorados pela atenção seletiva, devem ser realizadas de maneira holística para que eles possam orientar a atenção a detalhes específicos. No processo de separação da figura (objeto) os seus limites são postos em oposição ao fundo (não objeto). Quando a separação não for clara o resultado será uma figura ambígua na qual os diferentes planos se alternam no papel de objeto (Maceachren, 1995).

A segunda parte da organização perceptiva apresenta uma série de princípios complementares àqueles da Gestalt, apresentados anteriormente, que foram concebidos para lidar com os grupos da percepção visual como figuras separadas do fundo (Maceachren, 1995):

1. Heterogeneidade: Este fator trata da diferenciação de áreas em relação ao fundo através de um contraste relativo. Em referência as primeiras etapas do esquema de Marr, a formação do esboço primário, este

contraste é realizado pela descontinuidade da estimulação o que permite a diferenciação de objetos na imagem (figura 20).

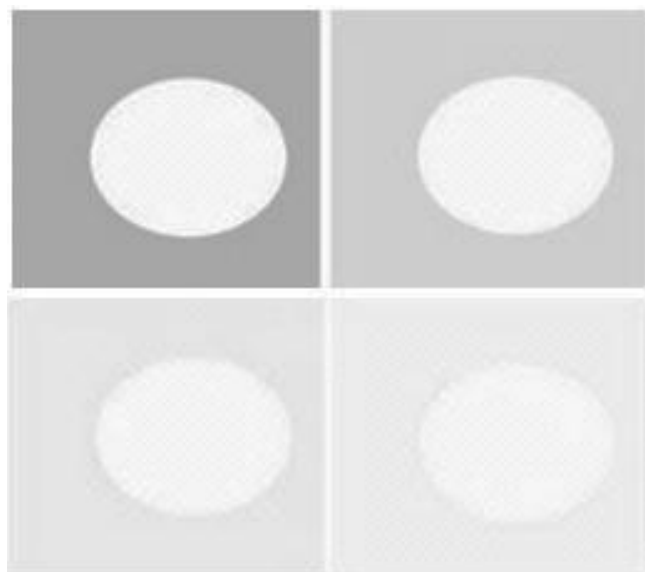


FIGURA 20: HETEROGENEIDADE ATRAVÉS DA VARIAÇÃO DO CONTRASTE DA FIGURA SOBRE O FUNDO

FONTE: Autor.

Este é o principal fator para separação de objetos numa imagem (Maceachren, 1995). Quanto maior o contraste entre duas áreas maior a chance de uma delas se destacar como figura (objeto) e outra se tornar o fundo (não objeto). O pouco contraste, por outro lado, dificulta a identificação de qualquer objeto. A sua aplicação em mapas se dá principalmente na diferenciação dos símbolos sobre a área do mapa. No contexto da cartografia 3D, dependendo do ponto de observação da cena uma mesma classe pode ter seus símbolos expostos sobre diferentes fundos (céu, solo, água) e com isso ter variações no contraste.

2. Contorno: Este tópico se relaciona diretamente com o anterior, pois, se o contraste for relativamente pequeno, a identificação do contorno do símbolo será prejudicada. (figura 21). Quanto maior o contraste entre o limite da figura (borda) e o fundo, mais fácil será a identificação da figura.

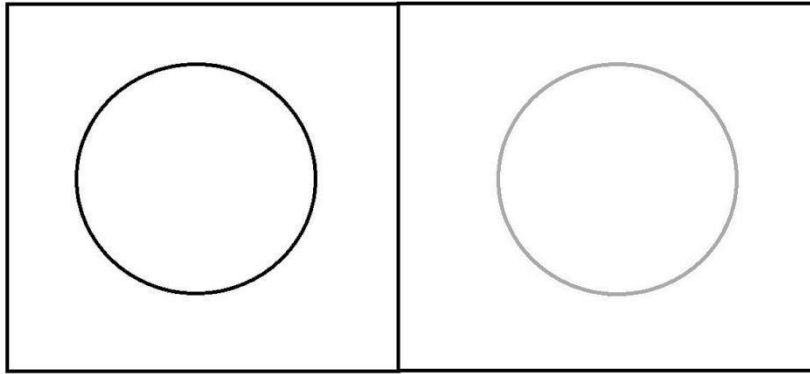


FIGURA 21: DEFINIÇÃO DA FIGURA ATRAVÉS DO CONTORNO
FONTE: Autor.

3. *Arredores (Surroundedness)*: Objetos rodeados por outros objetos distintos tendem a ser vistos como figura, ainda que o contraste com o fundo impeça uma clara definição do contorno. Vinson (1999) destaca que nos mapas 3D objetos que rodeiam outro objeto funcionam como fundo e o destacam de forma que o mesmo seja visto como uma referência espacial numa vista tridimensional perspectiva.
4. *Orientação*: Objetos com orientação horizontal ou vertical tendem a serem vistos como figura. É provável que este fator se relacione com os indicadores visuais do mundo real em que a maioria das figuras está na vertical (como são os seres humanos, árvores, edifícios, torres) ou alinhados com o horizonte (Maceachren, 1995). Neste caso, existe o indício da ocorrência do processamento *top-down* para a identificação dos objetos na cena. No contexto de mapas 3D, a altura de um objeto pode ser usada na vertical de modo a criar uma sensação próxima a realidade topográfica da região representada. Esta aproximação se dá, em partes, pela possibilidade de aplicação de fatores de escala, chamados de exagero vertical, para evidenciar variações no terreno ou feições representadas sobre ele.
5. *Tamanho relativo*: Este tópico afirma que a menor de duas áreas tem maior probabilidade de ser percebida como figura. Este fator se aplica adequadamente a mapas com vista ortogonal para comparação de símbolos. Entretanto, nas cartas topográficas 3D, devido ao efeito da

perspectiva, este fator não é adequado. A partir do ponto de vista de quem navega existem sucessivos planos perpendiculares à linha de visada que podem sobrepor umas às outras formando uma imagem que transmite duas informações (figura 22): podem ser dicas de profundidade ou comparação de objetos. Considerando símbolos iguais, estes funcionaram como dicas de profundidade (ver sessão 5.1.2.c) com a interpretação de que os objetos estão em distâncias diferentes do observador. Porém, se os símbolos não forem das mesmas dimensões, existem dificuldades, ou mesmo impossibilidade, de compará-los para estimativa do tamanho relativo.

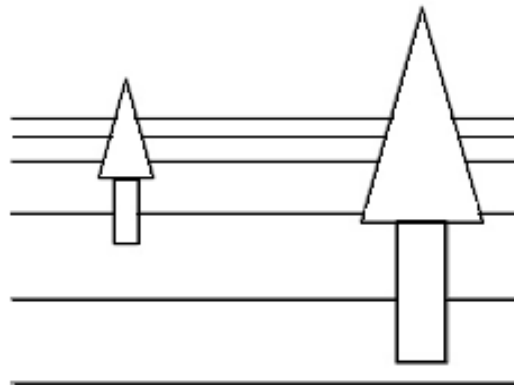


FIGURA 22: SIMBOLOS DE UMA MESMA CLASSE DE FEIÇÃO EM POSIÇÕES DIFERENTES EM RELAÇÃO AO OBSERVADOR.
FONTE: Autor.

5.1.2. Aplicação da organização perceptiva na discriminação da cena

No processo hierárquico da visão, o resultado da organização perceptiva representa o início dos processos de categorização (Maceachren, 1995). Para isto, a detecção e a discriminação entre os objetos e grupos de objetos são realizados para atribuir diferentes símbolos e feições a uma ou outra categoria. Além destes incluem-se a identificação de ordem ou tamanho relativo. Estes processos são importantes para a organização dos elementos que compõem os símbolos em padrões e regiões e à categorização dos símbolos no mapa.

5.1.2.a. Padrões (formas):

Maceachren (1995) afirma que, sob a luz da Gestalt, seria de esperar que elementos semelhantes e próximos sejam vistos como um grupo. Em mapas, para que os padrões sejam visualmente discrimináveis o agrupamento

deve ocorrer em pequenas áreas da representação. Segundo Treisman⁹ (1985 apud Maceachren, 1995), padrões percebidos de uma forma inequívoca a partir de uma variável visual são geralmente bem discrimináveis, mas padrões diferentes, ou combinações de padrões menores para compor figuras mais complexas não são facilmente discriminados. Isto é aplicável, por exemplo, nas texturas utilizadas para representar vegetação rasteira.

Segundo Keates (1988), os usuários devem ser capazes de identificar e distinguir todos os símbolos do mapa. Quanto mais simples o símbolo, mais fácil identificá-lo. Por outro lado, a principal vantagem de símbolos pictóricos é o fato de que eles são facilmente compreensíveis e memorizados (Pires et al, 2007). Esta afirmação é exemplificada por Forrest e Castner (1985) que constataram que na identificação de símbolos icônicos, ou pictóricos, os usuários levaram mais tempo para localizá-los do que símbolos abstratos. Além disso, eles descobriram que as vantagens da iconicidade (para identificação) e de formas abstratas simples (para a busca visual) podem ser combinados em símbolos icônicos com molduras geométricas (triângulos, círculos e quadrados). Estas molduras ajudam a seletividade por forma, o que contribui para que, durante a exploração do mapa, a atenção seja voltada para símbolos cujas molduras tenham formas semelhantes.

Portanto, o projeto de símbolos deve considerar cuidadosamente as diferenças perceptíveis e os efeitos da forma de um símbolo sobre outro. Esta evidência sugere que símbolos 3D para fenômenos pontuais, possam trabalhar de forma semelhante utilizando cones, esferas e cubos. Neste caso, a posição e orientação se torna um fator importante para a identificação do símbolo. Isto vai ao encontro à seletividade de Bertin, discutida no item 5.1.1. Esta ideia se coaduna com Pinker (2009, pp 229), que afirma que para reconhecer um objeto, o cérebro se utiliza de um artifício no qual estabelece um sistema de coordenadas baseada na visão, com o qual alinha seus eixos de visada e simetria, e usa-o para determinar as posições, os ângulos relativos das feições em relação a este sistema, para então equacionar visão e memória.

Outra questão levantada pelo autor, é que a percepção dos objetos ocorre em categorias abrangentes, pois não existe uma relação exata entre a

⁹ Treisman, A. 1985. The magical number seven and some other features of category scaling: Properties of a model for absolute judgement. *Journal of Mathematical Psychology*, 29, 175-230.

forma armazenada na memória e o que se percebe. Desta forma, uma caneca, por exemplo, abrange todas as possíveis variações de formas de utensílios para líquidos que tenham uma ou mais alças laterais, ainda que existam variações de tamanho e forma.

Baseado nestas ideias o psicólogo Irving Biederman desenvolveu a teoria dos geons, amplamente utilizadas na computação gráfica, na qual os objetos são combinações de objetos mais simples (Pinker, 2009, pp287). No total são 37 primitivas geométricas que podem ser associadas através de relações topológicas, como por exemplo, acima, ao lado, extremo com extremo, extremo descentrado, adjacente, paralelos, entre outros (figura 23).

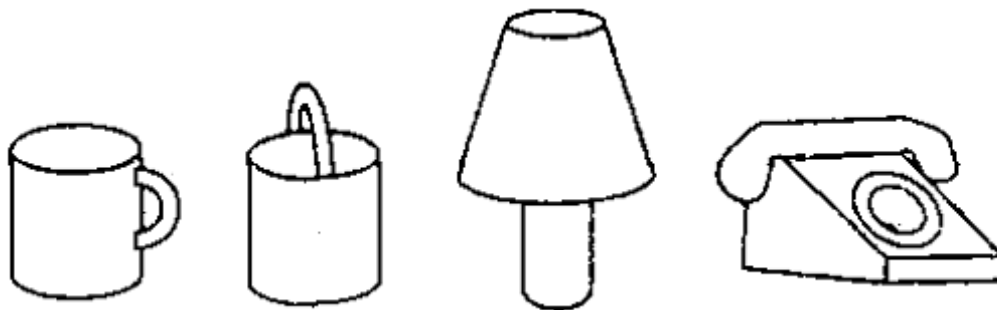


FIGURA 23:OBJETOS SIMPLES CONSTRUÍDOS A PARTIR DE GEONS
FONTE: Pinker (2009)

Entretanto, o autor salienta que esta teoria não envolve todas as situações possíveis na natureza, pois objetos naturais como árvores e montanhas, têm formas complicadas baseadas em fractais. Mesmo assim, a teoria dos geons afirma que nos níveis mais elevados de percepção a mente "vê" os objetos e peças como sólidos geométricos idealizados (Pinker, 2009, pg 299). O reconhecimento da forma ainda passa pela capacidade de rotação dos objetos conforme descritos no capítulo anterior, de forma a ser possível uma combinação de múltiplos pontos de vista antes que o mesmo seja armazenado na memória e permita posterior reconhecimento dos objetos de uma mesma categoria.

5.1.2.b. Cor:

Outro método de discriminação visual é a cor, considerando as suas três dimensões: matiz, saturação e valor de cor. A teoria de Bertin, expandida por

outros cartógrafos, demonstrou a aplicabilidade dessas variáveis visuais na seletividade e, portanto, na discriminação de símbolos em categorias visuais.

Christophe et al (2011) afirmam que a cor pode ser entendida como uma impressão pessoal dada às variações na percepção humana. Os autores afirmam que a percepção de cor tem aspectos fisiológicos, psicológicos e subjetivos e, por essas razões, é importante estudar seus aspectos perceptivos antes de tentar selecionar e aplicar cor a mapas.

O efeito do contraste simultâneo pode causar problemas no mapa quando várias luminosidades (diferentes valores de cor) ou saturações são justapostas. Contrastes sucessivos também podem causar confusão na interpretação da cor em um mapa, através da dominância, ou na correspondência das cores do mapa à sua correspondência na legenda. Enquanto algumas combinações de cores podem prejudicar a interpretação do mapa, existem outras combinações que criam efeitos agradáveis.

Pires et al (2007) ressaltam que durante o desenvolvimento do projeto cartográfico a escolha de cores que tenham um bom contraste entre si é essencial. Além disso, o símbolo deve ser testado durante todas as possíveis combinações de cores e símbolos (Keates, 1988). Na pesquisa de Forrest e Castner (1985) o maior contraste entre símbolos foi obtido usando tons de preto sobre uma base cartográfica cuja cor de fundo era branca. Pires et al (2007) utilizaram símbolos pictóricos em tons de preto sobre um fundo colorido e obtiveram maior contraste se comparado com símbolos pictóricos coloridos (vermelho, verde e azul) sobre fundos coloridos. Pesquisas recentes afirmam que símbolos da mesma cor são percebidos de modo diferente quando estão sob fundos de cores diferentes. Este contraste relativo é influência da cor do fundo, ou símbolos no entorno, na percepção do matiz do símbolo.

No contexto da separação figura-fundo, estes contrastes relativos são dados principalmente pela heterogeneidade. MacEachren (1995) apresenta evidências da separabilidade de cores que agem por canais opostos. No sistema ocular existem células responsáveis por identificar os conjuntos de cores em canais distintos. Um canal percebe variações de vermelho e verde, outro de azul e amarelo, e outro percebe variações de branco e preto. A contraposição destes canais numa representação tende a favorecer a separação da figura. Em outras palavras, favorecem a heterogeneidade da

cena ampliando o contraste relativo entre o objeto e o não objeto através das cores que os compõem. A figura 24 apresenta esquemas de canais opostos.

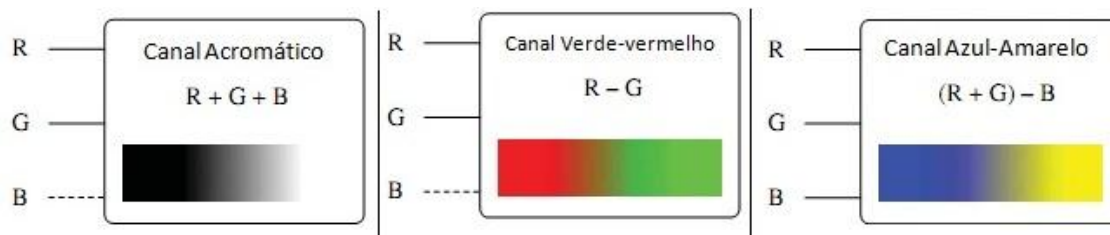


FIGURA 24: REPRESENTAÇÃO DOS CANAIS DE CORES DO OLHO HUMANO.
FONTE: Tradução de Ebner (2007)

Chesneau (2006) descreve os contrastes de cores e trabalha especificamente sobre os parâmetros de valor, matiz e saturação. A autora considera que quanto maior a distância entre dois matizes, dois valores de cor ou duas saturações, mais os temas representados com essas tonalidades parecem diferentes, ordenados, ou mais importante do que o outro (figura 25).

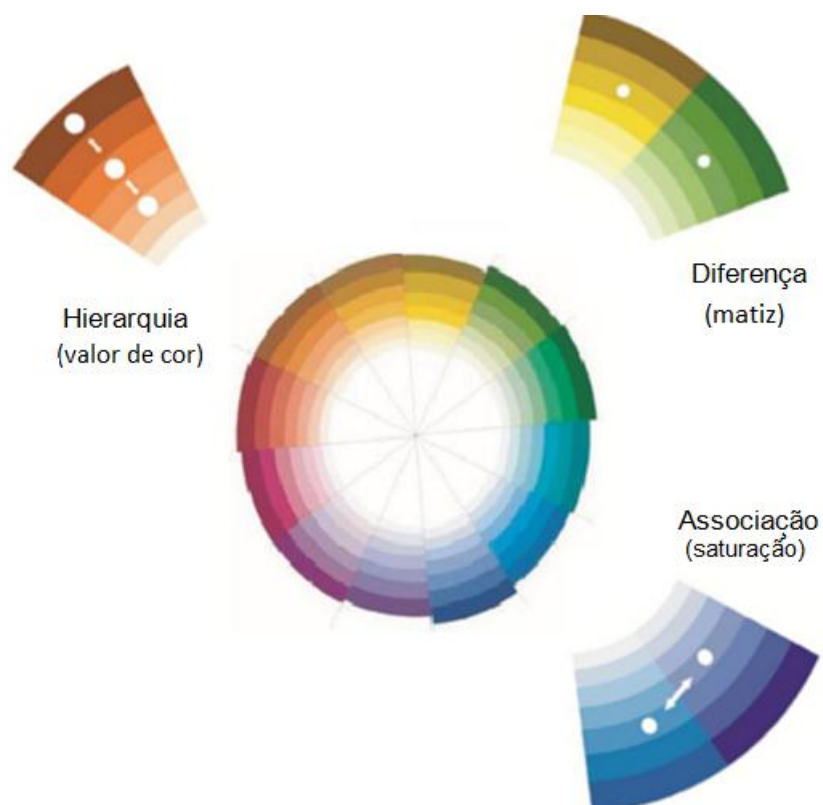


FIGURA 25: RODA DE CORES E DIFERENÇAS EM MATIZ, VALOR DE COR E SATURAÇÃO
FONTE: Adaptado e traduzido de Buard e Ruas (2009)

Christophe et al (2011) ainda ressaltam que no contexto da cartografia, a simbologia remete ao triângulo semiótico com os seus três vértices: o mapa (significante), a mensagem (significado) e os objetos reais (referente). Além de associações semânticas entre as cores e objetos (associações convencionais de cores, por exemplo: azul para o mar, verde para pasto), o problema de escolher uma cor refere-se à mensagem transmitida pela percepção visual desta cor em combinação com todas as outras cores (contrastes, proximidades, quantidades, etc).

A aplicação de cores na construção de símbolos para cartas topográficas 3D pode ajudar os usuários a identificar feições de destaque para ancoragem de pontos de referência. Na vista perspectiva os símbolos podem ser vistos contra diferentes fundos ou mesmo outros objetos dependendo da posição e orientação da câmera. Por exemplo, uma árvore pode ser observada contra a representação do céu, contra a representação de solo exposto ou contra outras árvores. Dessa forma a discriminação por cores utilizada na sua representação pode ser alterada devido à variações no contraste figura-fundo. Um exemplo de solução para navegação é uma feição representada em amarelo, cor incomum em representações topográficas.

5.1.2.c. Percepção de profundidade:

A percepção de profundidade espacial é uma distinção fundamental do sistema visual humano e os seus efeitos estão presentes no mapa topográfico 3D como uma combinação das indicações de profundidade da cena. Estas indicações são elementos visuais colocados na representação de modo que transmitam a sensação de tridimensionalidade.

Kraak (1988) fornece uma taxonomia de pistas (*depth cues*) para a percepção de profundidade em representações cartográficas. O autor divide sua taxonomia em dicas de profundidade fisiológicas, que estão relacionadas com os processos físicos da visão humana, e pictóricas, que são aquelas relacionadas à estrutura do objeto e da forma que a estrutura organiza as informações visuais. As dicas de profundidade do sistema visual são a paralaxe causada pela distância entre os olhos, o ângulo de convergência, a acomodação dos olhos e as disparidades na retina. Haebeling (2002) ampliou a taxonomia pictórica original de Kraak, a qual chamou de inventário, resultando

nas dicas de profundidade os aspectos gráficos, discutidos na próxima sessão (ver tabela 1).

5.2. PROPOSTAS PARA CONSTRUÇÃO DE SIMBOLOGIA 3D

Existem três fases no projeto dos símbolos em uma representação 3D. Essas fases são a modelagem geométrica do mapa 3D e seus elementos, a fase de aplicação das variáveis visuais sobre a estrutura geométrica definida na etapa anterior, e a aplicação de outros elementos de representação, como iluminação, que compõem o cenário virtual. Todo o fluxo é interativo e contribui para o próximo passo (Terribilini 1999), ou seja, cada passo, assim como todo o processo, pode ser repetido diversas vezes se necessário. A figura 26 apresenta um esquema dos passos envolvidos no projeto cartográfico.

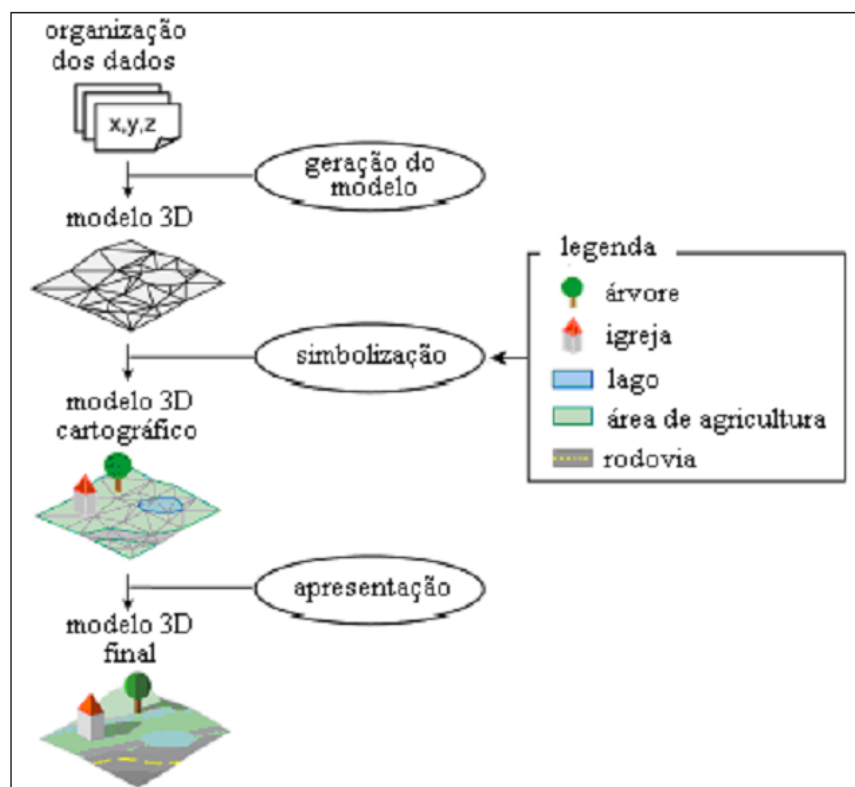


FIGURA 26: PASSOS DO PROJETO CARTOGRÁFICO
FONTE: Adaptado de Haeberling (1999)

A partir dos estudos de Haeberling (1999, 2002), Terribilini (1999), Petrovic (2003), Haeberling et al (2008) e Fosse (2008a, 2008b), pode-se entender que em cada uma destas fases de construção dos símbolos, os

elementos de cada grupo podem ser trabalhados individualmente. Estes são denominados de aspectos de modelo, aspectos gráficos e aspectos de visualização, respectivamente a cada uma das etapas descritas.

Os aspectos de modelo são conjuntos de características referentes a modelagem geométrica das feições e sua organização no sistema de visualização (banco de dados e estrutura de dados). No contexto da representação, e desprezando a parte computacional, esta etapa pode ser entendida como a definição dos objetos em modo *wireframe* nos *softwares* CAD e montagem da cena. Também estão envolvidas a posição relativa dos objetos geográficos e a posição de outros objetos que auxiliam o usuário a extrair e entender a informação representada, como objetos de orientação e toponímias.

Os aspectos gráficos são conjuntos formados a partir das variáveis visuais como definidas para mapas por Bertin e expandida por outros cartógrafos, como MacEachren (1995). Neste grupo os conjuntos estão separados em posição, forma, tamanho, cor e brilho, textura e padrão, orientação e aspectos gráficos especiais. Estes aspectos gráficos especiais são aqueles que surgiram, ou se tornaram possíveis, somente com o advento da informática. Estes incluem, por exemplo, simular a reflexão da luz de determinado objeto pela simulação das propriedades do material que compõe a representação. Este exemplo é comum na computação gráfica onde um objeto pode ser simulado como sendo de aço e ter um determinado tipo de reflexão da luz incidente.

Os aspectos do processo de visualização são conjuntos de aspectos que influenciam a percepção da simbologia. Este grupo é formado pela iluminação da cena, sombras decorrentes da posição relativa entre feições e da posição e do tipo da iluminação, efeitos atmosféricos e ambientais, estrutura do céu (cor e esmaecimento), parâmetros de câmera como abertura e profundidade de campo, e nível de detalhamento.

Cada um destes aspectos exprime diferentes efeitos no arranjo ou aparência dos objetos para cartas topográficas 3D, que são construídos com base em diferentes variações na aparência resultantes dos aspectos de produto. Entretanto, existem muitas possibilidades para se combinar cada grupo de aspectos e cada alteração no seu espectro de variação produz um

efeito específico (Haeberling, 2002). Como resultado, a simbologia de representações cartográficas 3D deve ser construída de forma semelhante à cartografia temática e, mesmo para cartas topográficas, o uso do mapa se torna importante para as soluções que o cartógrafo pode tomar na construção da simbologia.

Uma das mais importantes pesquisas em simbologia para mapas 3D é apresentada por Haeberling (2002). A investigação deste autor centrou-se sobre os aspectos de projeto de símbolos para mapa 3D estáticos. Dentro de cada etapa do projeto cartográfico tridimensional, descrito anteriormente, este autor descreveu um inventário das variáveis aplicáveis a cada aspecto gráfico, de modelo ou de apresentação. Em seguida grupos de usuários especialistas avaliaram diversas imagens geradas pela manipulação e alteração dos aspectos. Os resultados, coletados por meio de questionários e entrevistas com especialistas, levaram Haeberling et al (2008) a identificar os aspectos de produto relevantes para criação de símbolos em mapas 3D, apresentados na tabela 1.

TABELA 1: Inventário de aspectos de produto para simbologia em mapas 3D.
FONTE: Adaptado de Haeberling (2002).

ASPECTOS GRÁFICOS	
a) Aparência externa dos símbolos	<ul style="list-style-type: none"> • Forma • Tamanho • Cor (envolvendo somente tom e saturação) • Brilho
b) Textura da superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura fractal • Rugosidade • Transparência • Propriedades dos materiais • Padrões de superfície (textura): <ul style="list-style-type: none"> ○ Taxa de repetição do padrão ○ Orientação do padrão
c) Outras considerações para a aparência exterior	<ul style="list-style-type: none"> • Suavização de bordas • Aparência realista • Agrupamento e vizinhança
d) Toponímia	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo da fonte • Tamanho da fonte • Estilo de fonte • Espaçamento entre letras

	<ul style="list-style-type: none"> • Orientação da fonte • Efeitos especiais • Cor da fonte
e) Animação	<ul style="list-style-type: none"> • Mudanças em tamanho • Mudanças na forma • Mudanças de posição • Alterações na orientação • Alterações na cor • Alterações no brilho • Mudanças na textura

ASPECTOS DE APRESENTAÇÃO

a) Perspectivas	<ul style="list-style-type: none"> • Paralela • Central • Cilíndrica (incluindo a perspectiva esférica)
b) Configurações de câmera	<ul style="list-style-type: none"> • Geometria interior da câmera • Ampliação ou redução (<i>zoom</i>) • Atitude da câmara • Ângulo de visão • Rotação de câmera (em relação a uma orientação inicial) • Posição da câmera • Posição do ponto de visada • Distância de visualização • Movimento de câmera
c) Iluminação e sombreamento	<ul style="list-style-type: none"> • Modelo de iluminação: <ul style="list-style-type: none"> ○ Posição luz ○ Geometria luz: cônica (<i>spot</i>) e ortogonal (difusa) ○ Intensidade de luz ○ Cor da luz (tom) • Modelos de sombreamento: <ul style="list-style-type: none"> ○ Intensidade sombreamento ○ Intensidade da sombra
d) Efeitos atmosféricos e fenômenos naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Estrutura céu: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cor do céu (incluindo gradiente de cor) ○ Cor das nuvens • Névoa: <ul style="list-style-type: none"> ○ Intensidade da névoa ○ Altura máxima das nuvens ○ Cor da névoa

	<ul style="list-style-type: none"> • Reflexões (em corpos d'água principalmente): <ul style="list-style-type: none"> ○ Intensidade ○ Brilho ○ Corpos celestes
e) Interface do usuário e integração da imagem do mapa	A construção de interface envolve a sua segmentação em partes que receberão os títulos, legendas, informações de orientação e escala, metadados e ferramentas de seleção, pesquisa e análise. Isto exige que o fluxo de ação do usuário seja previsto no projeto de interface (<i>user-centered design</i>).

5.2.1. Princípios para simbologia de cartas topográficas 3D

O inventário apresentado na tabela 1 foi obtido através de uma série de testes qualitativos conduzidos por Haeberling (2002). Salienta-se que esta pesquisa não envolveu movimento ou navegação. O autor se limitou a criar diversas imagens sobre uma mesma área, com alterações dos valores dos aspectos de produtos. As imagens foram apresentadas a 27 profissionais com experiência em uso de mapas e visualizações 3D, dos quais foram coletadas informações por questionários e entrevistas. A partir dos resultados este autor propõe uma série de princípios adequados à construção de simbologia tridimensional de caráter geral (Haeberling et al 2008). Cada um dos pontos de a até e serão discutidos em relação a percepção apresentadas no item 6.1. Os princípios são apresentados a seguir:

a) princípios sobre o grau de generalização

O autor afirma que, de um modo geral, os especialistas que participaram daquela pesquisa favoreceram o estilo de representação como mapas em papel.

1. A representação de áreas e feições lineares permite uma representação familiar e de fácil interpretação: feições pontuais devem ser geradas como volumes (cones ou pirâmides) para permitirem melhor compreensão. Isto acontece devido a extensão de linhas e áreas em relação à cena. Para representações pontuais representadas como um círculo no MDT, este pode “desaparecer” devido à proximidade do observador;

2. Símbolos 3D melhoram a percepção perspectiva num mapa 3D, pois funcionam como dicas de profundidade (*depth cues*). Em relação ao fator tamanho relativo da Gestalt, conforme discutido anteriormente, diferentes objetos com a mesma representação (por exemplo, árvores de uma mesma classe em posições diferentes) servem como dicas de profundidade, pois os símbolos para a mesma classe tem os mesmos tamanhos. Por isso, uma diferença visual indica um afastamento em profundidade na cena;
3. Símbolos tridimensionais pontuais são mais adequados para representações que contém imagens de satélite como textura, ou seja, em representações que trazem muita informação visual, é adequado se utilizar símbolos mais simples como cones, por exemplo;
4. Os símbolos podem ser construídos a partir de formas geométricas simples: os símbolos não devem ser muito ricos em detalhes para não sobrecarregar a imagem nem prejudicar o desempenho do sistema. Os resultados utilizados na elaboração deste princípio corroboram aqueles de Forret e Castner (1985) que indicam que símbolos construídos a partir de formas geométricas simples são mais rapidamente identificados que símbolos mais complexos. Isso não exclui a necessidade de uma chave de decodificação, uma legenda, para apoiar os usuários. Neste caso o processo se inverte, ou seja, símbolos pictóricos com uma representação rica em detalhes tendem a ser mais rapidamente interpretados;
5. Objetos tridimensionais podem ter uma aparência realística sem, contudo, serem fotorrealísticas. Considerando o item anterior, segundo os resultados da pesquisa de Haeberling et al (2008), os usuários especialistas preferem símbolos abstratos, semelhante a mapas em papel, entretanto, certo grau de realismo na simbologia não será rejeitado devido às preferências estéticas;
6. Padrões estruturados (linhas formando redes ou ordenadas em paralelo, e círculos ou hexágonos formando colmeias) podem ser úteis para representar áreas. Entretanto, estas texturas devem ter espaçamento mediano, nem muito estreito de modo que o padrão se torne

irreconhecível ou confuso, nem muito distante a ponto do usuário perceber os seus elementos geométricos dissociados entre si;

7. Os padrões estruturados devem exibir bom contraste de cores com o terreno. Uma textura representando solo arado, por exemplo, deve ser a combinação de tons de cor que permitam a separação das trilhas, como preto e marrom claro, em oposição ao terreno em verde. Outra opção é utilizar tons de cores em oposição, conforme citado no item 5.1.1.b;

b) Princípios sobre o tamanho dos símbolos

O tamanho efetivo dos símbolos, espessura da linha, ou altura de extrusão podem ser definidas no propósito do mapa bem como por questões estéticas. Entretanto, algumas especificações básicas para determinação do tamanho dos símbolos devem ser seguidas:

8. O aspecto geral do terreno pode ser enfatizado com o uso do exagero vertical no MDT. Regiões com pouca variação de altitude podem ter suas feições enfatizadas pelo acréscimo do valor de exagero vertical. A intensidade do incremento é empírica e deve ser testada durante o projeto cartográfico;
9. O tamanho do símbolo deve ser definido de modo que ele possa ser identificado sem equívocos em primeiro plano ou ao fundo da cena (figura 27). A figura mostra como símbolos podem ter diferentes representações, com diferentes graus de realismo. Mesmo assim a cruz é associada a igrejas, de modo que mesmo que o nível de detalhe (LoD) seja aplicado, a feição ainda é reconhecida como uma igreja.

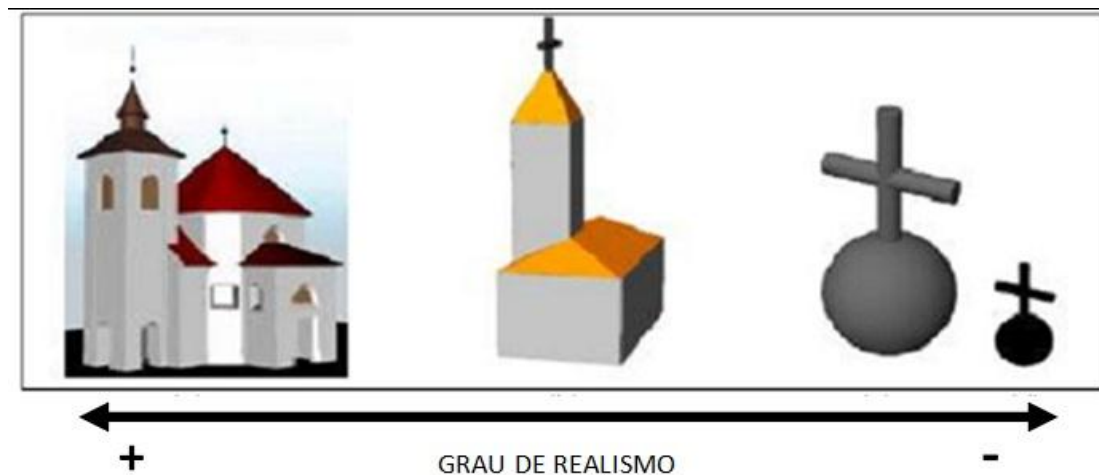


FIGURA 27: UMA IGREJA EM DIFERENTES GRAUS DE GENERALIZAÇÃO.
 FONTE: Adaptado de Petrovic (2003)

10. Os tamanhos dos símbolos devem ser definidos de modo que os símbolos não encubram outros símbolos próximos. Este é um dos principais problemas da vista perspectiva;
11. O tamanho de linhas e pontos não deve cobrir visualmente grandes áreas do modelo, ou seja, a variável visual tamanho deve ser usada de modo a transmitir a informação ordinal sem, contudo, dominar a parte do modelo na qual está representada. Este princípio faz referência a questão da separabilidade figura fundo, pois se houver certa dominância da cena pela feição a segregação figura-fundo pode se alterar;
12. Símbolos pontuais podem ter tamanhos maiores que símbolos lineares. Segundo Haeberling et al (2008), visualmente o tamanho dos pontos são subestimados em relação as linhas, por isso é necessário aumentar seu tamanho quando adotada esta solução;

c) Princípios para a câmara

O único princípio formulado para o grupo complexo de aspectos da câmara diz respeito ao ângulo de inclinação da linha de visada:

13. Deve-se preferir um ângulo de visada próximo de 45°. Segundo os autores, esta recomendação é um compromisso entre manter a visão geral do modelo e alcançar a percepção de perspectiva. Se o ângulo de inclinação é muito íngreme (60° ou mais), o mapa 3D vai se transformar

em um mapa bidimensional, se o ângulo de inclinação é muito plano (30° ou abaixo), muitos objetos serão escondidos pelo objeto de terreno ou por outros objetos em primeiro plano (figura 28). Além disso, as distorções geométricas poderão afetar a compreensão dos usuários. A exceção é a vista panorâmica, na qual o ponto de vista é quase horizontal, pois este tipo de representação se destina a estimar a altura com bastante clareza.

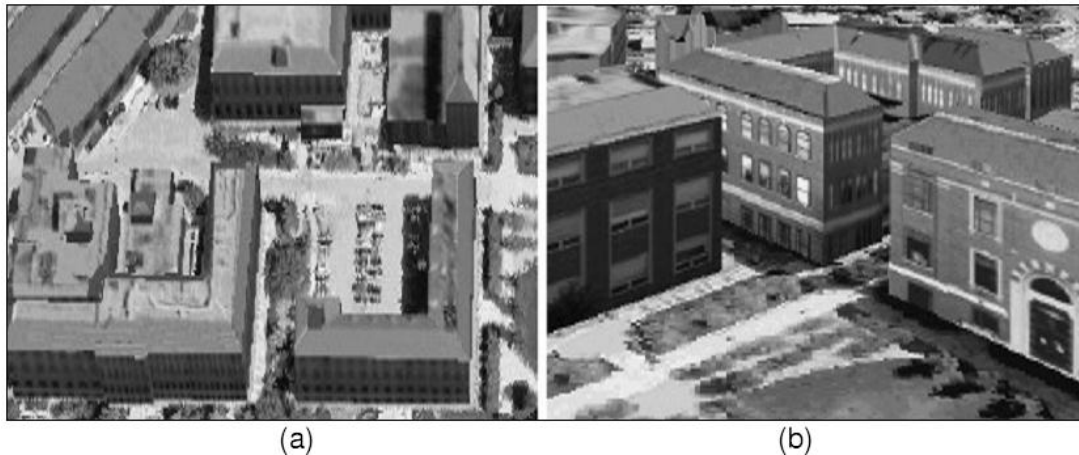


FIGURA 28: FOTOREALISMO USADO EM SIG 3D: PONTO DE VISTA EM PERSPECTIVA (A) PRÓXIMO DA VERTICAL E (B) PRÓXIMO A 45° .
FONTE: Adaptado de Song e Shan (2004), por Fosse (2008).

d) Princípio para os aspectos de iluminação

14. A direção de iluminação de um modelo 3D do mapa deve ser principalmente lateral ou ligeiramente à frente, ou seja, o azimuth deve ser menor do que 90° ou maior do que 270° . A iluminação bem equilibrada é a que favorece a percepção visual de usuários que buscam interpretar formas de objetos, volumes ou texturas dos objetos. De outro modo, o modelo parece plano e a falta de sombras dificulta a visão perspectiva.

e) Princípios relacionados a efeitos atmosféricos

15. Um fundo de cor neutra, mesmo sem estrutura de céu (fundo azul com nuvens brancas ou cinzas), geralmente se encaixa é adequada as vistas perspectiva dos mapas 3D. A estrutura do céu apoia a percepção do conteúdo do mapa, mas não tem um destaque muito grande.

Entretanto muitos objetos podem ser observados tendo esta estrutura como fundo e a quantidade de detalhes representados podem influenciar na separação figura-fundo;

16. A perspectiva pode ser percebida em um mapa 3D mesmo sem o efeito da neblina, pois os mapas 3D contêm outras sugestões de profundidade para permitir a percepção da distribuição dos objetos no espaço: quanto mais distante do observador menor será o objeto. Entretanto, a adição de um efeito de neblina pode melhorar o entendimento do arranjo espacial (Haeberling et al, 2008);

17. A adição de uma névoa rarefeita melhora a percepção de profundidade em uma perspectiva, ao passo que a névoa muito densa prejudicará a percepção dos elementos distantes do observador (figura 29).

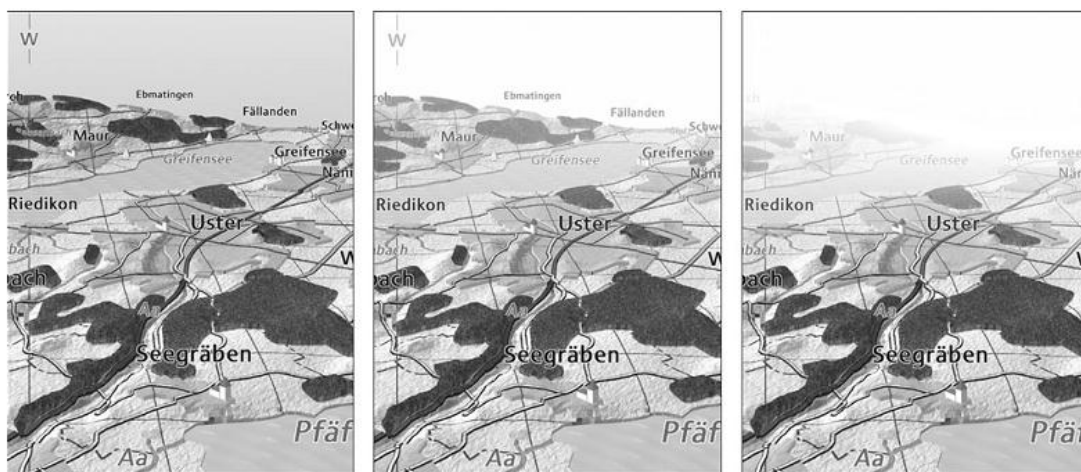


FIGURA 29: EFEITO DE NÉVOA APLICADO A UMA CARTA TOPOGRÁFICA SOBRE MDT: A) SEM NÉVOA, B) NÉVOA LEVE E C) NÉVOA Densa.
FONTE: Haeberling et al (2008)

A pesquisa de Brandova (2009) para ambientes urbanos contrapõe as recomendações de Forrest e Castner (1985) e Haeberling et al (2008) ao afirmar que os símbolos devem ser realísticos. Além disso, o autor propõe que os símbolos criados para uma classe de feição aceita a combinação de outras variáveis visuais para se adequar a fins específicos, mas sem perder a similaridade com a classe superior. Isto é semelhante em mapas temáticos, porém no contexto de representações urbanas, no qual a pesquisa do autor foi

desenvolvida, pode-se citar o exemplo da classe de feições restaurante. Todos os restaurantes devem ter o mesmo símbolo (variável visual forma), mas para cada subclasse desta feição pode-se adotar um matiz diferente, como azul para churrascaria e vermelho para comida chinesa. Nesta proposição de Brandova (2009), é importante perceber que nas representações de ambientes urbanos a classe é identificada pela forma do símbolo da classe, pois a feição em si, ou seja, as edificações dos restaurantes, não são necessariamente as mesmas. Podem existir restaurantes em casas térreo, em prédios de 3 andares e assim por diante. Em outras palavras, os símbolos criados para uma classe específica devem ser originários de um único símbolo, mesmo que algumas alterações sejam incluídas em casos particulares (Brandova, 2009).

5.3. EXEMPLOS DE APLICAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DE HAEBERLING PARA MAPAS 3D

Exemplos da combinação dos elementos que compõem uma representação 3D, e seus efeitos, são descritos por Williams et al (2009) e Nguyen et al (2009). Os autores concluíram, em estudos independentes, que em ambientes visuais imersivos as pessoas tendem a superestimar as distâncias curtas (de 1 a 4m) e subestimar distâncias mais longas (de 4 a 30m). Este efeito é resultado da combinação do ângulo de declinação da linha de visada do usuário em relação ao horizonte do modelo (figura 30) e variação na escala resultante da perspectiva criada pelas configurações de câmera (figura 31). Em ambas as imagens os objetos estão a mesma distância entre si e entre a câmera, mesmo assim, são percebidos como a distâncias diferentes. Na figura 30, a variação é realizada no ângulo de declinação, enquanto que na figura 31 a variação é realizada na profundidade de campo da câmera.

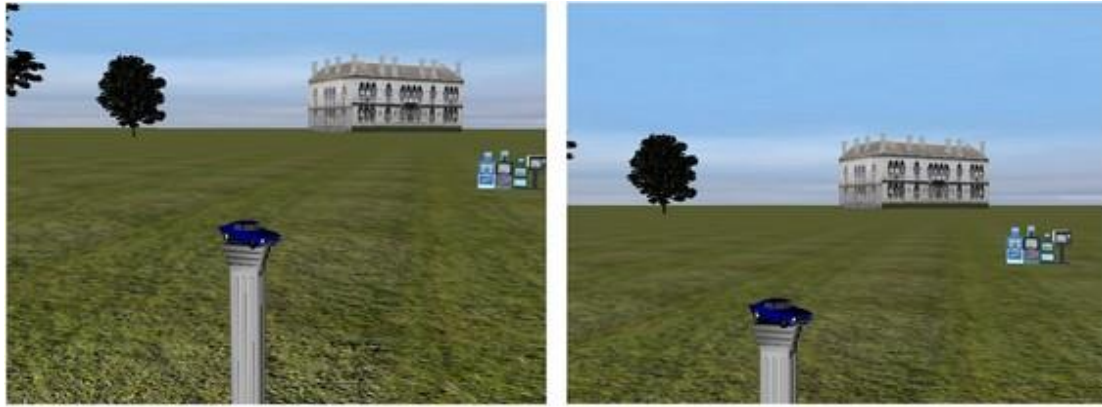


FIGURA 30: EFEITO DA MUDANÇA DO ÂNGULO DE VISADA EM RELAÇÃO AO HORIZONTE (ÂNGULO DE DECLINAÇÃO).

FONTE: Williams et al (2009)

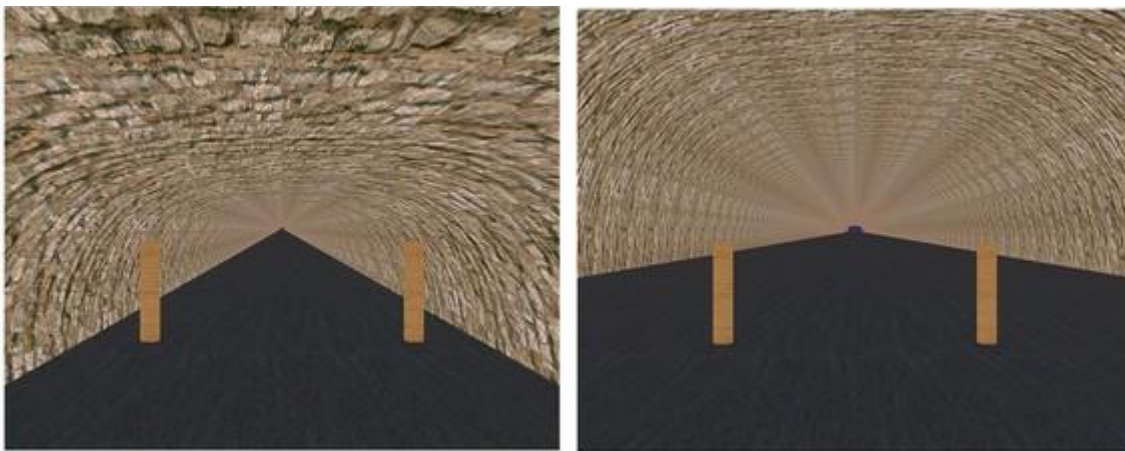


FIGURA 31: EFEITO DA ALTERAÇÃO DA ESCALA PELA PERSPECTIVA DA CÂMERA.

FONTE: Nguyen et al (2009)

Outro exemplo é fornecido por Petrovic e Masera (2004), figura 32. Nesta imagem não estão representados o sistema de coordenadas, a interface com usuário, as ferramentas de interação e navegação, e a orientação do modelo. Esta imagem se destina a demonstrar a solução para simbologia desenvolvida pelos autores.

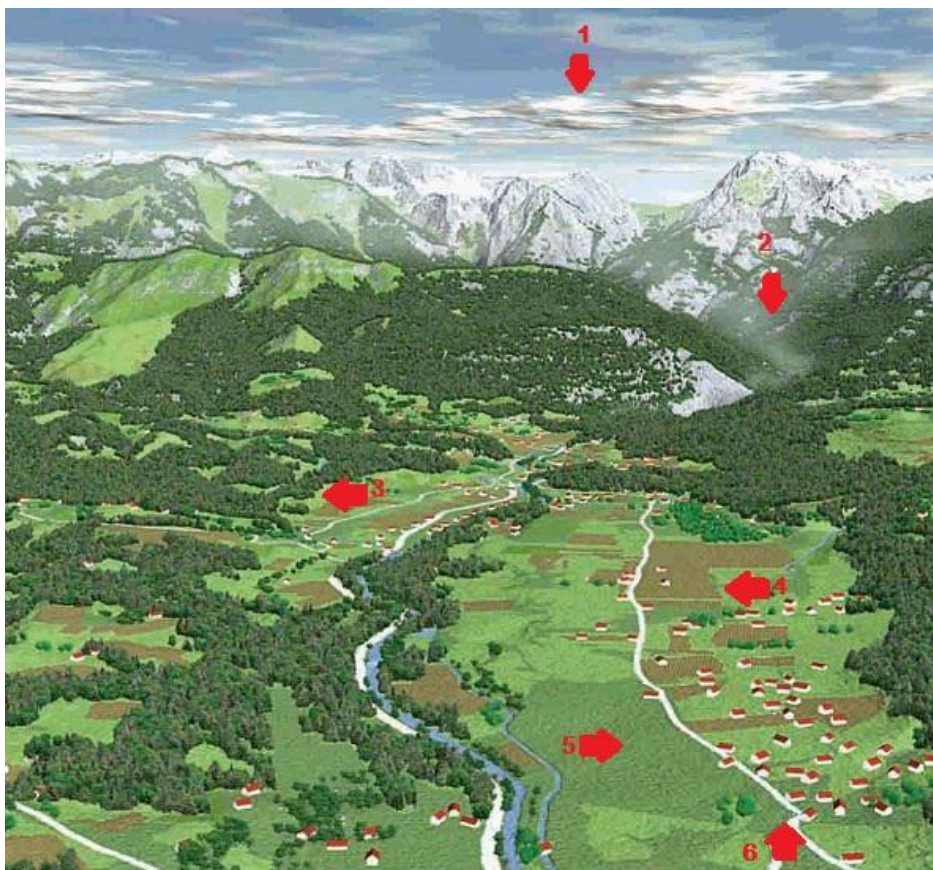


FIGURA 32: MAPA 3D.

FONTE: Adaptado de Petrovic e Masera (2004)

Na figura acima estão marcados os itens de 1 a 7, que representam:

1 - Estrutura do céu: a cor do céu é uma variação do azul ao branco no sentido vertical. Esta é uma dica de profundidade que transmite a sensação de distância. As nuvens representadas ajudam no fator estético, mas não contribuem para a estimativa de escala ou tamanho relativo das montanhas ao fundo;

2 - Névoa: este é outro meio para indicar profundidade. A névoa provoca um esmaecimento nas cores na proporção que aumenta a distância a partir do ponto do observador;

3, 4 e 5 - Texturas: conforme comentado nos princípios 6,7 e 8 de Haeberling et al (2008), a aplicação de texturas pode ser usada para caracterizar classes de uso e ocupação do solo. As texturas utilizam elementos individuais que passam a percebidos como uma entidade única. Na figura 31 não é possível separar visualmente os elementos geométricos e variáveis visuais utilizados para composição das texturas.

Para isso, esta textura deve utilizar padrões e cores definidas para cada classe. Nesta escala, a representação das árvores individualmente não é percebida, mas a vegetação como um todo pode ser utilizada como textura. As demais texturas (agricultura com terra arada, e diferentes coberturas vegetais) são semelhantes.

6 - Elementos geométricos (casas): a solução de projeto definiu que todas as edificações da cena fossem construídas com um mesmo padrão, telhados vermelhos e paredes brancas. As orientações das casas sugerem que sejam as orientações e posições reais ao passo que sua representação é abstrata e suficiente para a classe. Em uma tarefa de navegação na qual o usuário não conheça a região este tipo de informação (orientação relativa das feições representadas) se torna uma importante fonte de informação.

7 - Hidrografia e estradas: as duas classes de feições utilizam texturas segundo o padrão convencional da topografia. Neste caso, esta solução foi possível de ser adotada por haver suficiente contraste entre as feições contra o fundo (que se alterna sobre diferentes texturas) e entre si (pelo matiz). A solução adotada favorece a separação entre feições e em relação ao fundo.

Outros elementos que podem ser apontados nesta cena são a perspectiva cilíndrica se desenvolvendo horizontalmente. Isso resulta no efeito da planície parecer esticada para baixo e as montanhas comprimidas no fundo da cena; e a iluminação: difusa, ou seja, sem um ponto específico de origem.

5.4. RESUMO DO CAPÍTULO

Na abordagem dada à visão humana neste capítulo, o enfoque se concentrou em como a imagem é percebida e seus elementos organizados de forma a ser possível a discriminação de objetos na cena. Após a identificação de pontos, linhas e áreas, o sistema perceptivo é capaz de analisar os contrastes relativos entre estes elementos e definir quais pertencem, ou tendem a pertencer, a um grupo ou outro. Dessa forma, uma série de linhas dispostas obliquamente entre si tende a ser percebida como um triângulo mesmo que a figura não esteja presente. Paralelamente, estas figuras são diferenciadas do seu entorno para serem percebidas como tais em oposição ao

que se torna o fundo da imagem. Este processo interativo é repetido indefinidamente a cada vez que se exploram diferentes partes do mapa e a informação resultante é levada ao processamento cognitivo para associação de significado. Se o agrupamento dos elementos básico visual for imediato, então a atenção seletiva favorece a identificação e reconhecimento de objetos e padrões. Este agrupamento pode ser realizado sob influência de diferentes fatores da Gestalt, de acordo com a disposição dos elementos na cena e, segundo seus atributos que contribuem para a heterogeneidade, influenciam a separação figura-fundo.

O resultado deste processo é a organização perceptiva da cena. A identificação de formas, cores e profundidade da cena tridimensional funciona como dados de entrada para os esquemas de conhecimento processarem a cena e participam da construção de uma representação interna. Esta representação interna não é uma cópia cartográfica do mapa ou do mundo real, mas uma metáfora na qual informações relevantes são armazenadas.

6. METODOLOGIA

6.1. PROJETO CARTOGRÁFICO PARA CONSTRUÇÃO DE MAPAS 3D PARA NAVEGAÇÃO VIRTUAL

A metodologia empregada para esta pesquisa consistiu na proposição de um projeto cartográfico para cartas topográficas 3D com enfoque na navegação virtual não imersiva, apresentada neste capítulo, e aplicação da metodologia de teste desenvolvida (capítulo 7). Esta proposição se baseia em trabalhos anteriores como Haerberling (2002), Petrovic e Massera (2004) e Fosse (2008), com ênfase na diferenciação dos pontos de referência como forma de auxiliar na navegação virtual.

Para melhor entendimento, a proposição dos mapas 3D é discutida de maneira análoga ao projeto cartográfico para mapas temáticos. Na abordagem desta pesquisa, no projeto de construção das cartas 3D é necessário caracterizar o uso que será dado à carta topográfica 3D.

Após a seleção dos dados fonte e da escala mínima, foi necessário estabelecer a linguagem cartográfica. A construção dos símbolos passa pelos três estágios dos aspectos de produto, comentados no capítulo 5 (figura 26). O item 6.2 apresenta a discussão das soluções de projeto a partir das quais foi gerado o mapa 3D para realização dos testes (figura 33).

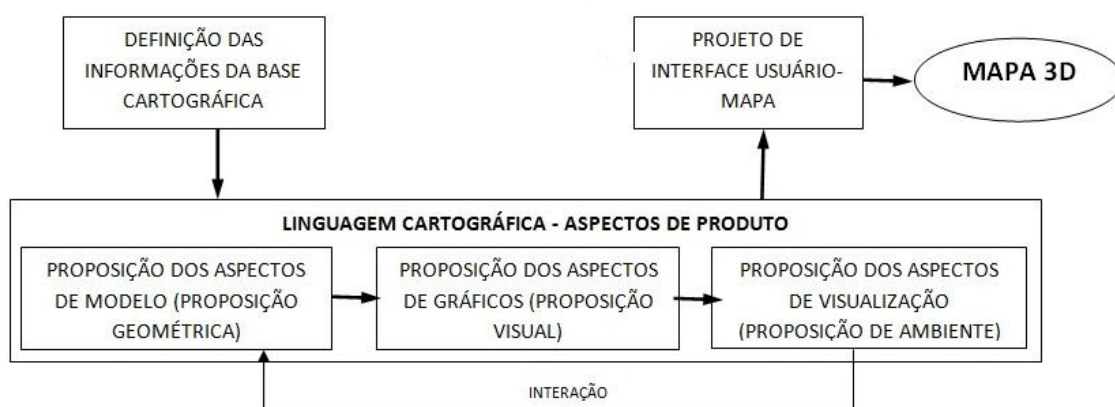


FIGURA 33: FLUXOGRAMA DA PROPOSIÇÃO METODOLOGICA.
FONTE: Autor.

6.1.1. Comunidade usuária

Ao se trabalhar com testes em cartografia é importante tratar com um número reduzido de variáveis. Para diminuir a dimensionalidade dos testes, os

participantes devem deter o conhecimento e experiência no uso de mapas, bem como capacidade de visualizar o espaço. Ooms (2011) alerta que em estudos com usuários é necessário fazer a diferenciação entre aqueles que têm muita experiência daqueles com pouca experiência. Desta forma, espera-se que a experiência com uso de mapas minimize erros de leitura e interpretação de cartas topográficas 2D e 3D. Este é o caso dos geógrafos e cartógrafos, que compuseram a comunidade usuária selecionada. Ainda assim, o questionário apresenta perguntas que identificam os usuários de acordo com sua experiência em leitura e produção de mapas.

Em análises da paisagem, os geógrafos frequentemente recorrem a mapas para entender as relações espaciais das feições representadas. Este uso exploratório de dados espaciais ocorre, por exemplo, no estudo de aspectos geomorfológicos da região, tais como orientação de vertentes, espigões, vales e cristas. Paralelamente, os cartógrafos são profissionais experientes na criação e comunicação por mapas. O treinamento desta comunidade usuária viabiliza testes com novas simbologias, com menor probabilidade de equívocos na leitura e interpretação de mapas.

O número de profissionais definidos para amostragem dos testes é apresentado no capítulo 7 e resulta em 40 participantes, número relativamente expressivo para o voluntariado presencial. Portanto, os testes foram desenvolvidos com participantes voluntários do Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia (MG) e cartógrafos do Programa de Pós-graduação em Ciências Geodésicas da Universidade Federal do Paraná. Os participantes foram convidados por editais, e-mails ou pessoalmente nos campi para a realização dos testes.

6.1.2. Materiais

O conhecimento prévio dos participantes sobre a região pode influenciar nos resultados dos testes. Por esta razão, os dados utilizados para geração dos mapas 3D são da base cartográfica de Curitiba, ano 2007 em escala 1:10.000, fornecida pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC). Foram inseridas alterações nos dados originais, que incluem o recorte de uma área de aproximadamente 125 km² que abrange o centro da cidade e os bairros do entorno.

A conversão da base cartográfica urbana em uma área rural exige que sejam utilizadas as curvas de nível e a hidrografia. Além disso, a exemplo de Fosse (2008), foram inseridos outros elementos antrópicos (construções e rodovias, entre outros) de forma que o modelo representa uma região fictícia que os participantes não conheciam. A figura 34 destaca a área de estudo, com cerca de 12,5 km x 10 km localizada no centro da cidade.

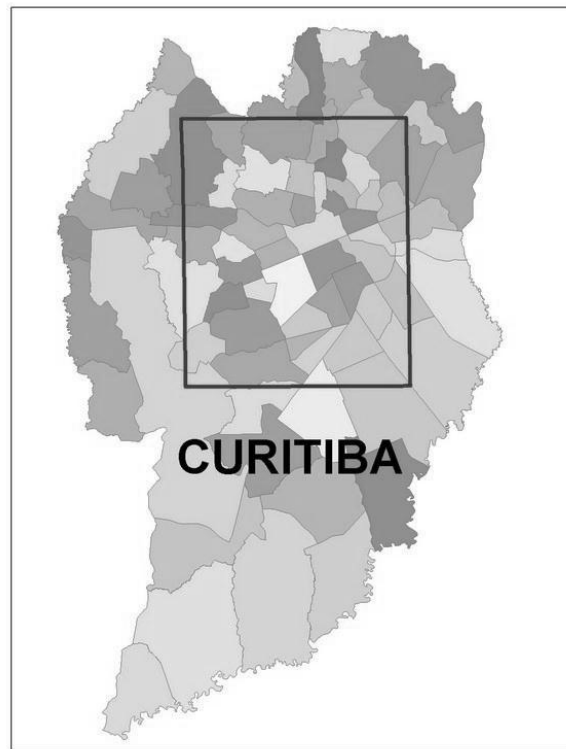


FIGURA 34: LOCALIZAÇÃO DA AREA DE TESTE.
FONTE: Autor

Para o processamento dos dados foram utilizados os programas ArcGis 10 com a extensão 3D Analyst para geração do modelo digital do terreno a partir das curvas de nível e pontos cotados, e o Blender v.2.56 para criação da representação tridimensional. As análises estatísticas foram realizadas com o Matlab R2010.

6.2. MÉTODO PARA CRIAÇÃO DOS MAPAS 3D

Os dados altimétricos digitalizados foram interpolados para geração do MDT. Com uso do ArcGis 9.3 e sua extensão 3D Analyst foi criada um TIN (*Triangular Interpolated Network*). Este TIN foi transformado em raster e

exportado como uma imagem no formato JPEG (figura 35) para posterior inserção no programa de modelagem 3D *Blender*.

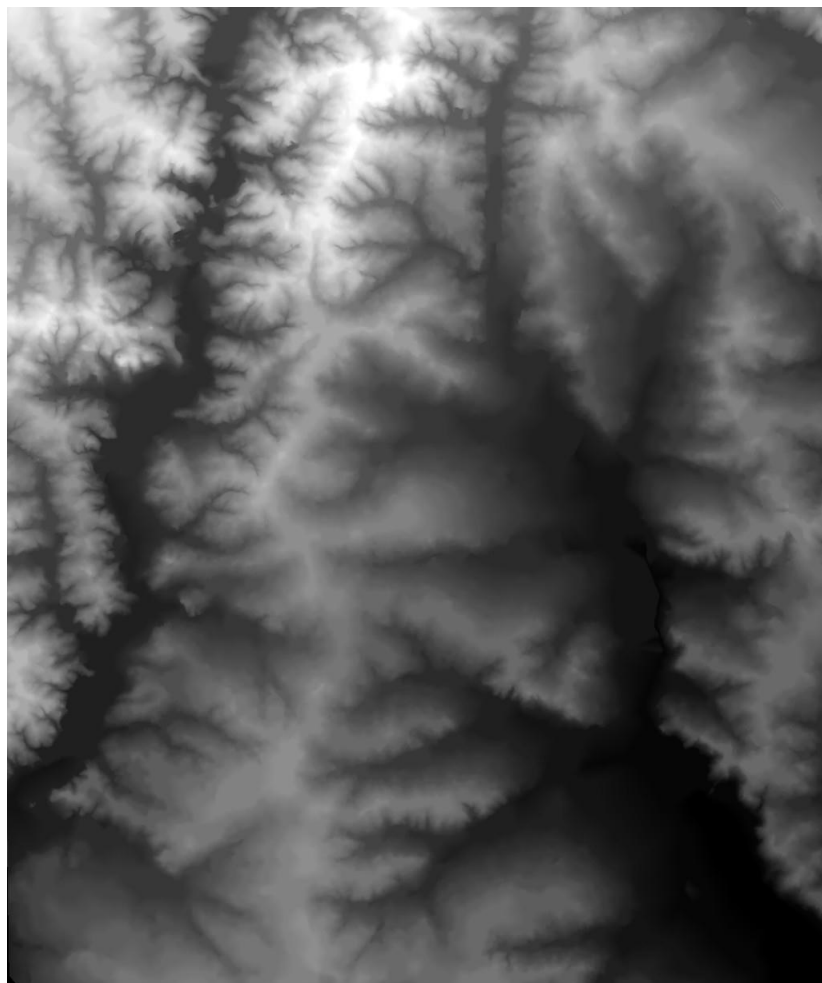


FIGURA 35: IMAGEM EM TONS DE CINZA A PARTIR DO TIN
FONTE: Autor.

Os dados de uso e ocupação do solo foram criados segundo a distribuição dos entornos da cidade de Uberlândia obtidos por fotointerpretação de imagens de alta resolução da região. Estes dados continham as informações espaciais dos elementos da carta como a posição das árvores e edificações. Desta forma, os testes ficaram isentos da possibilidade de algum dos participantes conhecer a região com antecedência.

Utilizando a API (*Application Programming Interfaces*) *Blender* 2.56 em conjunto com a linguagem *OpenGL*, o mapa 3D foi construído conforme a proposição apresentada neste capítulo. O *Blender* é uma interface gráfica integrada sobre *OpenGL* que oferece um amplo conjunto de recursos de modelagem 3D, aplicação de texturas, iluminação, animação e pós-

processamento de vídeo e desenvolvimento de jogos 3D. Por meio de sua arquitetura aberta com código fonte disponível sob a licença GNU GPL, o *Blender* fornece interoperabilidade entre plataformas e permite um fluxo de trabalho integrado (BlenderBrasil, 2011).

As linguagens de programação, muitas vezes incluem as interfaces de programação (API), que são classes e métodos usados para a realização de visualizações 3D. Esta integração pode ser em sistemas de baixo nível, como *OpenGL* ou *Direct3D*. A *OpenGL* foi criada em 1992, se tornou a API gráfica mais usada para jogos, representações tridimensionais e realidade virtual. O *Blender* integra estas classes e métodos de forma que os seus usuários não necessitem se aprofundar nas rotinas de programação da *OpenGL*. Entretanto, para aumentar a interação dos usuários é possível se programar através da linguagem Python 2.6.

Existem vantagens computacionais na utilização desta tecnologia, entre as quais cita-se a capacidade de processamento, a interatividade através de mouse, teclado ou joystick; o controle dos limites da representação impedindo, por exemplo, que o usuário fique sob o modelo ou que entre no símbolo; e complexas configurações de câmera, perspectivas e iluminação. Entretanto, nesta proposição o usuário não pode realizar o controle da câmera devido a dificuldades de interação. Schmidt e Delazari (2010) observaram que parte dos usuários de representações 3D não conseguiu concluir os testes em função das dificuldades de interação tridimensional com controles bidimensionais (ver capítulo 3).

As proposições, apresentadas a seguir, se basearam na análise comparativa das pesquisas de Golledge (1992), Vinson (1999), Brandova (2001), Lobben (2004) e Haeberling et al (2008), consideradas as análises constantes nos capítulos precedentes desta tese. As comparações entre as pesquisas dos três autores são apresentadas em uma tabela no Anexo I. A figura 36 mostra a organização dos elementos da proposição.

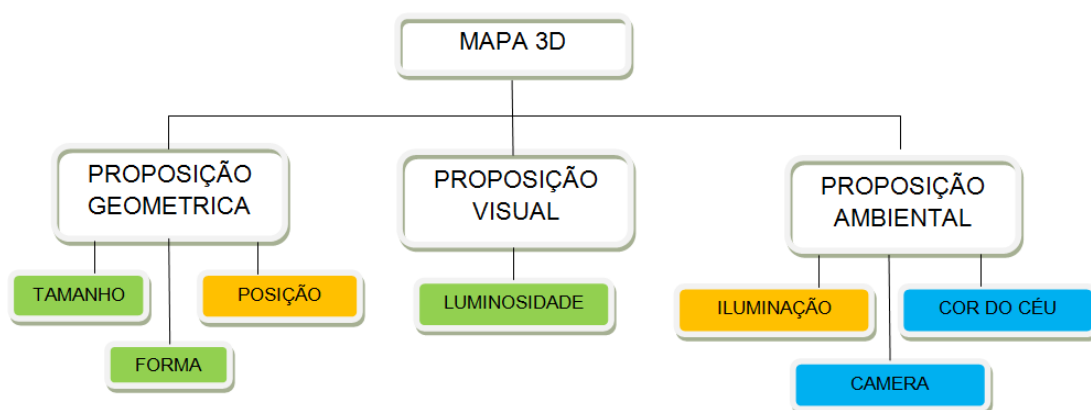


FIGURA 36: PROPOSIÇÃO E VARIÁVEIS TESTADAS
FONTE: Autor.

Em verde estão indicadas as variáveis testadas na diferenciação dos símbolos dos pontos de referência, em amarelo as variáveis comuns à representação geral e às referências e, por último, em azul, a variação da cor do céu e as configurações de câmera que podem influenciar na percepção das demais variáveis.

6.2.1. Proposição para construção geral da carta

A proposição geométrica para a construção dos mapas 3D considerou a representação do terreno usando um modelo digital do terreno (MDT), polígonos de vegetação rasteira e arbustiva, ocupação do solo, árvores, hidrografia, rodovias e edificações classificadas por uso. A tabela 2 apresenta as classes de feições que foram tratadas nesta pesquisa. As classes de vegetação e edificações foram modificadas para se adaptarem à classificação usada nas cartas topográficas do mapeamento sistemático, ou seja, as classes pertencem ao nível de medida nominal, mas dentro das classes o nível de medida pode ser ordinal, como no caso das rodovias. Dessa forma, as classes de feições foram trabalhadas a partir da escala da base cartográfica de 1:10.000 para se adaptar a escala nominal da representação de 1:50.000.

TABELA 2: Classes de feições tratadas no projeto cartográfico do mapa 3D
 FONTE: Autor

CLASSES DE FEIÇÕES		SUB-CLASSES DE FEIÇÕES
Terreno		MDT
Rodovias		Pavimentadas Não pavimentadas
Ocupação do solo	Vegetação	Rasteira Pasto Macega Árvores Coníferas Deciduofoliadas Palmáceas
	Culturas	----
Hidrografia		Rios Lagos e lagoas
Edificações		Residenciais Industriais (extração mineral e hídrica) Igrejas Escolas

Estas feições foram utilizadas em uma proposição para a simbologia que combina símbolos construídos com elementos geométricos (*geons*) como linhas, planos, esferas, cones e cilindros, associados em diversos elementos de modo a caracterizar a feição com relativo grau de realismo sem, contudo, ser fotorealístico. Esta proposição é intermediária entre a abstrata e a realística, apresentadas na figura 37. Isto se justifica, pois Zanola (2009) descobriu que os usuários tendem a escolher simulações fotorealísticas 3D porque influenciam a sensação de confiança em relação à credibilidade dos dados. O autor aponta que em ambientes de RV imersivos, representações fotorealísticas captam o interesse do usuário, porém por outro lado influenciam a sua atenção e diminuem a sua capacidade de extrair informações. Através da simplificação e da complexidade visual reduzida os usuários serão capazes de deduzir mais informações a partir de um ambiente 3D. Porém, como evidenciou Fosse (2008) e Haeberling et al (2008), o excesso de simplificação (figura 37a) não permite a identificação dos símbolos.

A figura 37 apresenta a variação do grau de realismo encontrado na literatura, partindo de Fosse (2008, convencional e abstrata), Petrovic e Masera (2004) e fotorrealística (GoogleEarth®). A proposição de linguagem

cartográfica se baseou nas duas intermediárias apresentadas na figura 37, uma vez que a convencional e a fotorrealística não são adequadas à comunicação cartográfica.

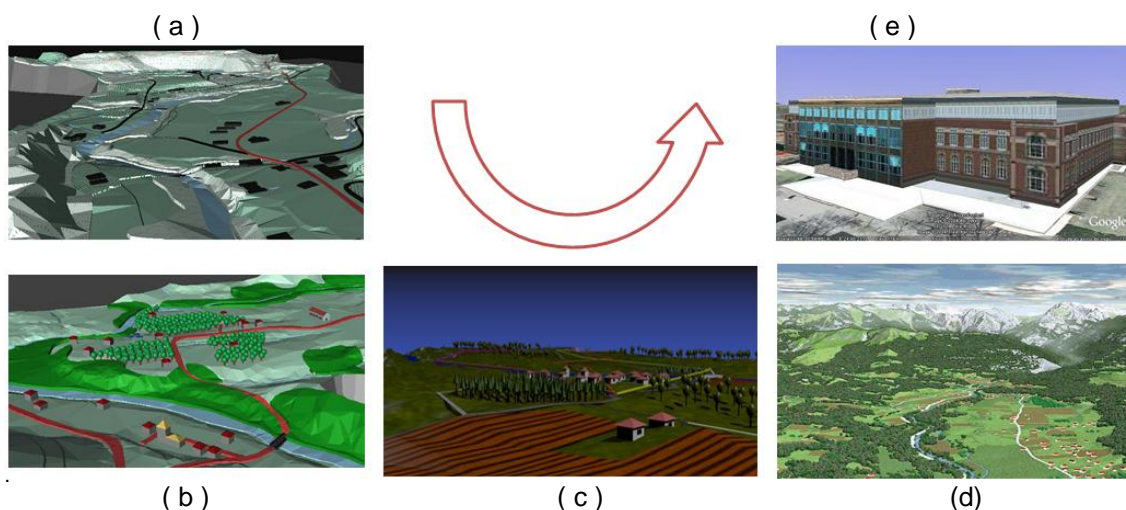


FIGURA 37: SIMBOLOGIAS 3D COM DIFERENTES GRAUS DE REALISMO

FONTE: Adaptados de Fosse (2008, a e b), autor (c), Petrovic e Masera (2004, d) e Google Earth (e)

Em 3D, as primitivas gráficas para construção dos símbolos diferem daquelas do mapa 2D (figura 38). Enquanto no 2D tem-se as primitivas ponto, linha e área, a representação tridimensional, devido à sua vista perspectiva, pode alterar ou ocultar estes elementos na representação. Por essa razão, qualquer símbolo construído deve ter uma altura mínima acima do MDT de modo a permitir sua visualização.

A abordagem desta tese considera o uso das variáveis visuais, as primitivas gráficas e a classificação em níveis de medida para a simbologia da carta topográfica 3D, como na cartografia temática. Portanto, os níveis de medida foram considerados nominais entre classes, mas com a possibilidade de serem ordinais dentro das classes, como a exemplo da classe rodovia. Nesta fase de proposição geométrica, seguindo Haeberling (2002) (ver figura 26), ocorre a construção dos símbolos através da aplicação da variável visual forma. Além disso, nesta fase a distribuição dos pontos de referência é analisada. Esta análise influencia nas demais variáveis discutidas nas próximas sessões.

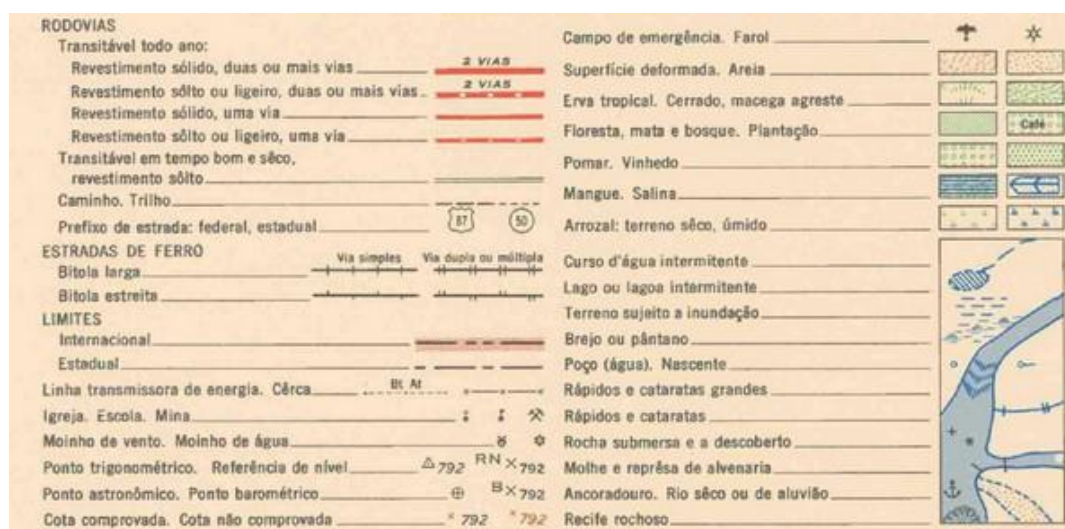


FIGURA 38: LEGENDA DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO BRASILEIRO NA ESCALA 1:50.000
 FONTE: DSG, 1965

Os aspectos de visualização foram trabalhados, em especial, nas três medidas das cores. Portanto, o tom de cor ou matiz foi aplicado como um fator para diferenciar classes (apesar da forte contribuição da forma no passo anterior), o valor de cor (ou luminosidade) e a saturação para diferenciar elementos ou subclasses de feições. Esta construção dos aspectos de visualização foi norteada por considerações do contraste relativo, ou seja, como o usuário deveria perceber o símbolo em função do seu ponto de vista. Desta forma, diferentes soluções de linguagem cartográfica foram criadas e analisadas até se chegar a proposição desta tese.

As soluções de projeto cartográfico adotadas nesta etapa são diretamente relacionadas à percepção, pois a principal contribuição destes parâmetros é a de permitir estabelecer as dicas de profundidade na cena. Daqueles apontados por Haeberling (2002), e apresentados na tabela 2, foram selecionados a abertura da câmera e ângulo de declinação, o tipo de iluminação e a representação do céu.

A câmera representa os olhos do observador no mapa 3D, através da qual os demais objetos podem ser identificados. Entre as diversas configurações da câmera (ver tabela 2) esta proposição abordou o efeito da perspectiva criada pelo ângulo de abertura (FoV) e o ângulo de declinação na estimativa de distâncias e na manutenção da orientação, respectivamente. O capítulo 7 apresenta os testes para avaliação da influência do ângulo de

abertura da câmera. A figura 39 apresenta os parâmetros geométricos das câmeras.

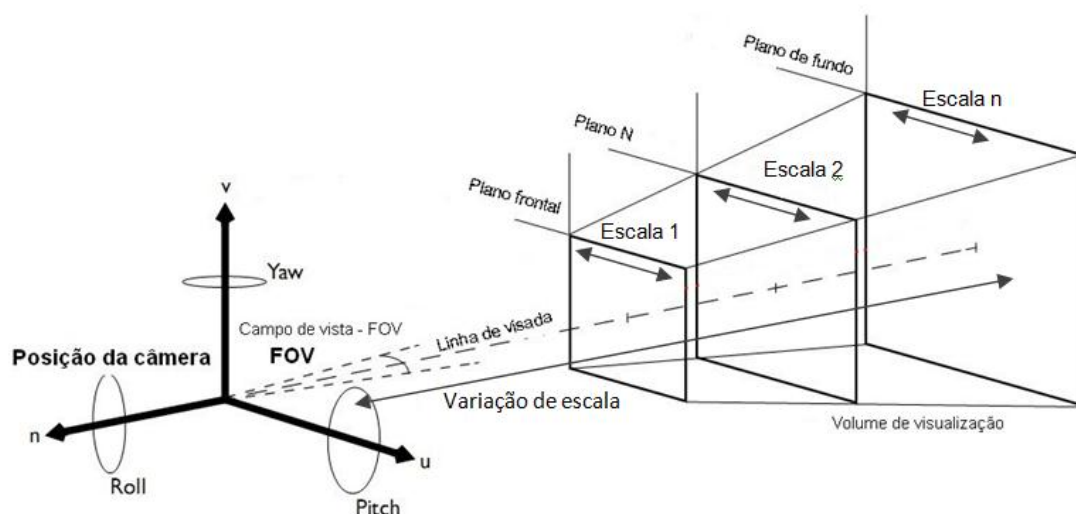


FIGURA 39: PARÂMETROS DA CÂMERA NO PROJETO CARTOGRÁFICO 3D.
FONTE: Adaptado de Suomela et al (2003).

As configurações da câmera são amplas e variadas. Por esta razão outras injunções foram incluídas na modelagem deste parâmetro. Seguindo os princípios de Haeberling et al (2008), a elevação da linha de visada deve estar entorno de 45° , pois segundo os autores um nível baixo poderia gerar oclusão, um dos problemas de navegação apontados por Harrower e Sheesley (2005), enquanto um nível alto (acima de 65°) poderia tirar o efeito perspectivo e desaparecer com o horizonte. Entretanto, Haeberling et al (2008), não citam nenhum resultado sobre o efeito do ângulo de declinação e a presença da linha do horizonte.

A este respeito Messing e Durgin (2005) afirmam que, em sistemas de realidade virtual imersiva que usam HMD, um horizonte com grande ângulo de declinação pode servir como uma dica para avaliação de distâncias relativas, desde que o horizonte seja visível. Entretanto, não foram encontrados estudos que avaliem especificamente os efeitos destas configurações. Haeberling et al (2008) realizaram testes com imagens impressas e Messing e Durgin (2005) avaliaram os efeitos para um modelo de HMD.

O céu foi representado de duas maneiras, em cinza (cor neutra) e com degrade em azul. O primeiro é adotado na literatura devido à argumentação de que valores baixos de valor de cor (baixa luminosidade) do fundo da cena não influem na percepção da simbologia. A segunda é usada como uma metáfora

para a graduação real do céu (ver figura 32 no capítulo 6) o que aproxima o usuário a uma condição de leitura mais usual.

6.3. METODOLOGIA DE TESTES

A abordagem típica usada no estudo de mapas cognitivos, segundo Lloyd e Bunch (2005b), consiste em solicitar aos participantes informações sobre suas memórias espaciais que poderiam ajudar o pesquisador a inferir algo sobre a natureza da estrutura interna. Para isso, a abordagem vale-se de solicitar aos usuários que desenhem mapas, façam estimativas numéricas de certos locais ou pontos de referência, e delimitem regiões diretamente em um croqui ou gabarito para revelar a natureza de seus mapas cognitivos. Esta abordagem relaciona as distorções sobre o ponto de referência nos mapas cognitivos, o alinhamento e os efeitos de rotação dos mapas (Lloyd e Bunch, 2005b).

A metodologia de testes escolhida nesta tese associou diferentes métodos de testes qualitativos, que incluíram gravações de vídeos e de áudio, e aplicação de questionários. Os testes foram aplicados em sessões nas quais a ordem de apresentação estava organizada em três partes:

- a) Influência do ângulo de abertura da câmera na percepção da simbologia para a carta geral;
- b) Influência das variáveis visuais tamanho, forma e valor de cor na percepção de pontos de referência; e,
- c) Organização das informações na memória de curta duração dos participantes frente a seus níveis de conhecimento espacial prévio.

A descrição dos testes é apresentada no capítulo 7. Os resultados permitiram a avaliação e quantificação das respostas dos usuários em pontos específicos dos mapas 3D no cumprimento da tarefa de navegação, ou seja, em momentos específicos de tomada de decisões durante a navegação. Esta é a forma determinada nesta pesquisa para avaliar o desenvolvimento de rotas, a encadeamento de pontos de referência e mudanças de direção, entre outros, no contexto de cartas topográficas 3D. A identificação destes pontos deve-se ao reconhecimento dos símbolos como objetos isolados e a separação figura-

fundo para isolá-los da imagem, a influência da atenção para torná-los pontos de referência.

6.3.1. Métodos de teste aplicados

Baseado na coletânea de testes com usuários aplicados à cartografia apresentada por Schobesberger (2009) foram selecionados dois métodos que combinados compõem a metodologia para se mensurar o nível de sucesso na proposição da representação. A estratégia adotada é a comparação dos croquis realizados pelos participantes após interagirem com a carta topográfica tridimensional e após o a leitura de uma carta topográfica com simbologia convencional da mesma região. Esta estratégia parte da premissa de Goodledge e Gärlin (2003) (ver capítulo 5) de que a existência de pontos de referência, dispostos e orientados de forma semelhante, na representação interna do usuário e na representação cartográfica permite a comunicação cartográfica e por consequência a navegação.

A metodologia adotada tem um forte apelo qualitativo, pois como afirma Van Elzakker (2004), o uso de métodos quantitativos em pesquisas em percepção e cognição é criticado na cartografia e nas ciências sociais por não permitirem uma avaliação completa dos aspectos de comunicação através de mapas. Métodos qualitativos, por outro lado, ajudam a interpretar os resultados de uma ação realizada pelo usuário, além de permitir formular hipóteses para testes com mapas. Os métodos qualitativos também se encaixam nas recentes pesquisas de uso de mapas as quais apresentam questões relacionadas a como mapas funcionam na construção do conhecimento (Van Elzakker, 2004).

Os métodos qualitativos podem ser empregados por meio de entrevistas, observação dos participantes, questionários, ou métodos verbais como o protocolo *Think Aloud*. Segundo Fosse (2008) uma vantagem destes métodos é a possibilidade de promover um ambiente aberto e irrestrito, no qual o entrevistado expresse as suas ideias direcionadas por meio do questionário, como também permite que sejam expressos comentários, pensamentos, opiniões ou sugestões inéditas. Por estas razões Schmidt e Delazari (2010), associaram os métodos *Think Aloud* (Van Elzakker, 2004), e avaliação por questionários (Santil, 2008; Prado, 2007; Fosse, 2008), para a aplicação dos

testes de resposta a simbologia e ferramentas. A seguir estão os métodos selecionados na metodologia de Schmidt e Delazari (2010).

6.3.1.a. Think aloud:

O uso de mapas seja para exploração ou para navegação exige a resolução de problemas espaciais. Esta resolução dispara um processo cognitivo assim que o usuário vê o mapa (van Elzakker, 2004) que envolve uma sequência de leitura, análise e interpretação do mapa. Olson¹⁰ (1976, apud Nyeger) identifica três passos para a leitura de mapas: diferenciar símbolos individuais, reconhecer propriedades de grupos de símbolos e dar significado aos grupos.

O cumprimento de uma tarefa qualquer de uso de mapas passa por uma série de perguntas geográficas, ou seja, para realizar uma tarefa que exija a leitura de mapas é necessário que diversos questionamentos espaciais sejam utilizados na exploração de um mapa (van Elzakker, 2004). Board (1984¹¹, apud Nyeger (1991)) classifica estas perguntas em elementares, intermediárias, temporais e gerais (tabela 3). Dessa forma os conjuntos de perguntas funcionam para diversos usos de mapa.

TABELA 3: Perguntas geográficas e as tarefas associadas no uso de mapas.
FONTE: Traduzido de van Elzakker (2004).

PERGUNTAS ESPACIAIS	TAREFAS EXECUTADAS DURANTE A LEITURA DE MAPAS
ELEMENTARES	
O que existe?	1. Diferenciação e reconhecimento de objetos (de identificação externa)
O que existe em um determinado local, o que há?	2. Identificação de objetos (identificação interna)
Em um determinado local, quanto do fenômeno existe?	3. Estimar quantidades.
Onde está esse objeto geográfico?	4. Localizar um objeto

¹⁰ OLSON, J.M. 1976. A coordinate approach to map communication improvement. American Cartographer, 3, 151-159.

¹¹ BOARD, C. 1984. Higher order map-using tasks: Geographical lessons in danger of being forgotten. Cartographica. V. 11, N.1. pp. 85-97.

TABELA 3: Perguntas geográficas e as tarefas associadas no uso de mapas (continuação).
 FONTE: Traduzido de van Elzakker (2004).

INTERMEDIÁRIAS	
O que está próximo objeto geográfico?	5. Posição em relação a outros objetos
Qual é a distância a outros objetos similares?	6. Definir a distância relativa ou absoluta
Este objeto geográfico é conectado a outros objetos?	7. Encontrar vínculos espaciais
Porque existe um objeto geográfico?	8. Explicar a localização de um objeto
Qual é a distribuição espacial do objeto?	9. Encontrar a ordem, padrões ou anomalias espaciais
Onde estão os valores máximos e mínimos?	10. Quantificar as anomalias espaciais
Onde estão os limites de uma distribuição espacial?	11. Delimitar uma distribuição
O que se aproxima / o que se afasta?	12. Conectar a região de estudo com o mundo exterior
TEMPORAIS	
Esse objeto geográfico sempre esteve lá?	13. Determinar as mudanças em posição
Houve mudanças nos padrões de distribuição espacial?	14. Estabelecer tendências
Quais os processos espaciais estão ocorrendo?	15. Detectar processos
GERAIS	
Quais são as influências de fora da região?	16. Contemplar o contexto espacial
Que padrões relevantes estão lá?	17. Recapitular os padrões encontrados
Existem relações entre padrões espaciais?	18. Descobrir correlações, dependências ou conflitos.
Quais os fatores que causam a estrutura regional?	19. Estruturar a informação geográfica
Pode-se identificar diferentes (sub-) regiões?	20. Regionalização
Quais são as características geográficas da região?	21. Obter <i>insight</i> e uma visão geral da região

No caso da navegação com cartas topográficas 3D, os conhecimentos envolvidos e a sequência de aprendizado envolvem perguntas específicas relacionadas aos conceitos derivados de Goodledge (1993) de localização. Estas perguntas permitem ao leitor do mapa estimar ou determinar a sua posição relativa em relação às feições, e entre diferentes feições observáveis do seu ponto de vista, distâncias e orientações relativas. Os processos cognitivos pelos quais algumas dessas feições serão destacadas e armazenadas mais rapidamente nas representações internas envolvem o

reconhecimento, a identificação, seleção e interpretação dos símbolos. Por fim, a navegação será possível se as respostas encontradas na representação forem suficientemente adequadas às capacidades do usuário identificadas por Lobben (2004) de autolocalização, rotação de objetos e leitura de mapas. Todos estes elementos foram discutidos nos capítulos 5 e 6.

As evidências da aplicação consciente ou inconsciente destas perguntas pelos usuários podem ser coletadas através da gravação de vídeo e áudio dos usuários ao interagir com o mapa 3D. Este é o método *Think Aloud* que será utilizado para avaliação da navegação 3D. Este método de teste, originalmente usado em testes de usabilidade de software, combina gravação de imagens e sons do comportamento do participante enquanto este executa o teste. A avaliação da verbalização da forma como o usuário vê o sistema proporciona ao avaliador a clareza na identificação de problemas de interpretação e entendimento de cada etapa do processo pelo usuário (Mendonça, 2008).

Segundo Van Elzakker, (2004), neste método não há qualquer problema em memorizar os pensamentos que surgem, pois eles são veiculados imediatamente. O usuário não tem tempo de interpretar, explicar ou racionalizar seus pensamentos, nem é obrigado a fazê-lo em um formulário pré-definido. Entretanto este método consome muito tempo para análise e a correlação com outros dados sobre ações executadas durante os testes.

Por ser composto basicamente de uma narração, um problema neste teste é a introspecção, ou seja, quando o usuário cessa a narração, mas não a ação. Neste caso, o pesquisador pode questioná-lo com perguntas como: “O que você está pensando?” ou “O que você acabou de fazer?”. Os questionamentos adotados para evitar a introspecção também podem auxiliar ao usuário inexperiente para que se oriente no início dos testes. Como exemplo, Schmidt e Delazari (2010) observou que usuários poucos experientes em mapas 3D, de modo geral, ignoram as explicações iniciais do teste. Como resultado, ao iniciarem o teste, os participantes não estabeleceram sua orientação ou sua posição inicial e não narravam suas ações adequadamente. Após alguns minutos navegando estes usuários não foram capazes de retornar ao local de origem e se sentiam desorientados.

Supõe-se que questionar o participante durante a introspecção pode alterar os dados pela perturbação do processo cognitivo, porém aguardar pelo

final dos testes e propor uma declaração em retrospecto pode ser inválido e incompleto devido a erros de memória dos usuários (Van Elzaker, 2004). Mas, talvez a maior fonte de distorção e nulidade dos dados obtidos através da introspecção, do questionamento e da declaração em retrospecto, é o perigo de os indivíduos se sentirem inclinados a interpretar e racionalizar a sua resolução de problemas de comportamento.

Van Elzaker (2004) realizou experimentos com este método para usos de mapas. O autor analisou as gravações com uso de uma tabela que relaciona a ação que o usuário executa em determinado momento (identificar, reconhecer, e outros) e qual parte do mapa está sendo observada no momento (título, legenda ou feição específica). Nesta tabela o autor anotou a ordem e a frequência das ações. Como resultado, as frequências das ações podem ser observadas e correlacionadas ao uso do mapa. Uma tabela semelhante foi desenvolvida para aplicação nesta pesquisa e será apresentada no capítulo 8.

6.3.1.b. Questionários:

Questionários ou entrevistas estruturadas podem ser usados para investigar os processos cognitivos na resolução de problemas com sucesso, pois segundo Mendonça (2008), questionários são acessórios familiares, baratos e geralmente complementos aceitáveis para testes de usabilidade e avaliações de especialistas. Um grande número de questionários respondidos confere robustez e autoridade ao teste (Mendonça, 2008), especialmente em situações em que existe um pequeno número de participantes ou especialistas avaliadores. É importante que as questões dos formulários a serem aplicadas aos participantes contemplem todo o escopo do teste, e não sejam redundantes ou invasivas a privacidade dos mesmos. Para Schobesberger (2009), uma estratégia adequada para construção de questionários é aplicar questões relacionadas intercaladas ou questões que apresentem diferentes caminhos de acordo com as respostas dos usuários.

Um dos produtos dos questionários aplicados foram os croquis que os usuários desenharam como resposta dos testes. Estes croquis foram posteriormente comparados com outros produzidos a partir do uso da carta topográfica com simbologia convencional como forma de avaliar o entendimento da representação 3D. A comparação de croquis e mapas

topográficos foi realizada por Billinghamurst e Weghorst (1995), Delikostidis e Van Elzakker (2009), Dilleuth (2009), Bell e Long (2009), Wang e Schwering (2011). Estes autores utilizaram croquis como uma metáfora para a representação internalizada pelo usuário após interagir com mapas, e os resultados demonstram que a comparação entre as posições geográficas nos croquis e as posições do mapa, a análise das orientações dos pontos de referência e seus atributos básicos, se adequam às análises qualitativas.

Destaca-se o trabalho de Dilleuth (2009), no qual a autora comparou o número de pontos de referência lembrados pelos participantes e os representados no mapa fornecido nos testes. Um critério adotado pela autora foi recordar o número de pontos de referência a partir de um mapa e o outro foi recordar as suas características. Os resultados eram analisados no croqui realizado pelo usuário (*skecth-map*) e uma descrição realizada verbalmente. Esta autora usou o programa *MapAnalyst*, um programa livre distribuído pela internet, que permite comparar as posições reais de pontos de referência em mapas e as indicadas em esboços através de transformações matemáticas entre as imagens. O resultado é uma grade ajustada que permite avaliar visualmente as distorções dos mapas mentais dos participantes (figura 40).

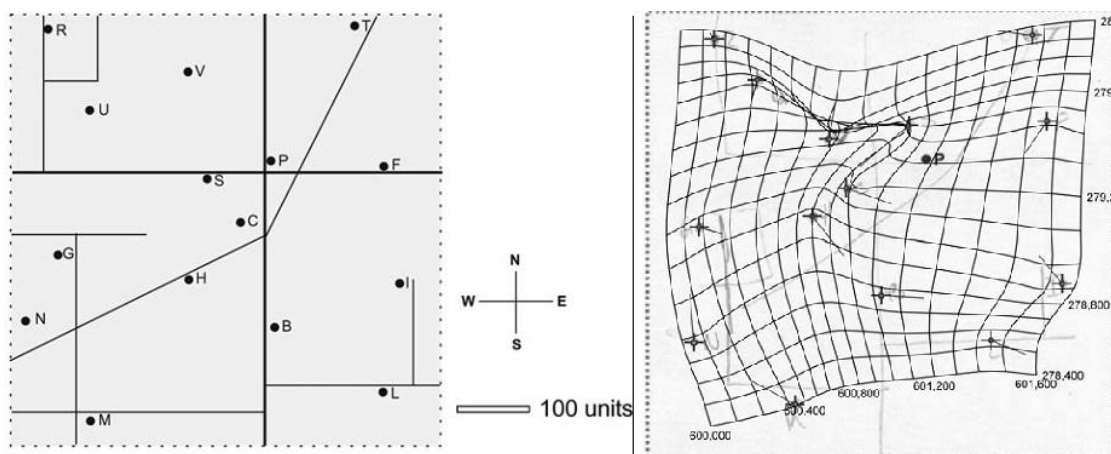


FIGURA 40: GRADE RESULTANTE DA COMPARAÇÃO DE IMAGENS DO TESTE.
FONTE: Dilleuth (2009).

Os testes propostos nesta pesquisa estão organizados em sessões individuais compostas de 2 partes. Inicialmente o voluntário senta-se à mesa e recebe uma cópia do formulário de teste. O pesquisador explica a sequência de teste e o voluntário assina o termo de participação e sessão de imagem. A primeira parte do formulário é composta de perguntas para caracterização do

participante. A segunda parte é composta de dois testes visuais. Em ambos são mostradas várias imagens com diferentes áreas da representação 3D e, após um curto período de leitura do mapa 3D, é solicitado que o usuário desenhe um croqui. Cada sessão é realizada entre 25 e 30 minutos. Os croquis realizados para cada um dos mapas 3D, resultados dos testes, serão posteriormente comparados com a carta topográfica com simbologia convencional através do programa MapAnalyst como forma de avaliar os desvios em relação a quantidade, posição e orientação relativa dos pontos de referência selecionados por cada participante. Os resultados são apresentados no capítulo 7.

6.3.2. Avaliação dos testes

6.3.2.a. Análise qualitativa dos testes

Na avaliação das imagens, a identificação correta dos símbolos indica que as soluções visuais adotadas na construção da simbologia foram suficientes para permitir a separação da figura do fundo através da heterogeneidade das superfícies. Esta heterogeneidade é favorecida através das variáveis visuais utilizadas. Variações causadas por efeitos na percepção do tom de cor (matiz) pela iluminação produzem variações na identificação dos símbolos. Se estas variações perceptivas forem significativas, as respostas podem apresentar os mesmos símbolos colocados em classes ou subclasses diferentes. Outro efeito é o contraste do símbolo em relação ao fundo que se apresenta de acordo com a posição da câmera. Um mesmo símbolo, uma árvore, por exemplo, pode apresentar alto contraste em relação ao azul utilizado para representar o céu e baixo contraste quando exposto contra uma vegetação semelhante.

Estes efeitos foram apontados nos croquis e nas gravações do *Think Aloud* através das frequências registradas dos pontos de referência em cada representação utilizada, geral ou modificada. O grau de generalização e a profundidade de campo decorrentes da variação do ângulo de abertura da câmera influenciaram na percepção da orientação dos símbolos e seleção dos pontos de referência e, conseqüentemente, na autolocalização.

Como observado por Schmidt e Delazari (2010), a seleção dos pontos de referência passa sucessivamente de pontos locais para globais ou vice-

versa à medida que a profundidade de campo da câmera é alterada. Nesta pesquisa, os autores perceberam que os usuários apresentaram maior ansiedade quando os pontos de referência globais (bosques ou elevações distantes da sua posição) não estavam visíveis e experimentavam dificuldade em manter-se orientados. Pontos de referência locais ainda que apresentem mais detalhes não eram tão facilmente lembrados quanto os pontos de referência globais.

A segunda parte foi atestar o grau de associação entre os pontos de referência e se estes formam rotas ou trechos de rota indicando que uma única exposição pode estimular o desenvolvimento de conhecimento espacial mais alto simultaneamente ao de pontos de referência. Os vídeos gravados nos testes que utilizaram *Think Aloud* foram analisados na tentativa de identificar, no processo de seleção dos pontos de referência, quais eram suas características, a sua posição em relação aos objetos do entorno e as diferenças de cor (em suas três dimensões) em relação ao fundo. Durante cada teste os participantes assumem um determinado número limitado de pontos de referência para referenciar os seus mapas cognitivos da área.

Seguindo a organização de Lynch (ver capítulo 5), esta análise assumiu a premissa de que a solução cartográfica para a aparência do símbolo pode torná-lo mais ou menos propício a seleção. Por isso, as gravações em vídeo permitiram identificar quais os pontos de referência, suas características em função das variáveis visuais utilizadas e quantificar a frequência em que foram selecionados. A identificação permitiu que posteriormente fosse verificada sua posição em relação à câmera e o seu contraste relativo baseado nas componentes apresentadas por MacEachren (1995), heterogeneidade, contorno, cercanias, orientação e tamanho relativo.

6.3.2.b. Avaliação estatística

As posições relativas dos símbolos foram avaliadas comparativamente entre os croquis desenhados pelos participantes durante os testes. A comparação dos croquis e do mapa impresso de cada área foi realizada utilizando o MapAnalyst. A transformação de Helmert permite avaliar as orientações relativas do mapa indicando os pontos de controle identificados nos croquis dos mapas 3D em relação ao mapa topográfico.

A aplicação dessa avaliação no teste 1, permitiu determinar como variações no ângulo de abertura da câmera alteram a percepção de distância e posição relativa. De forma semelhante, a comparação dos croquis realizados no teste 2 utilizando três diferentes áreas com a proposição geral e modificada permitiu a estimativa dos parâmetros utilizados na análise além de testar a percepção dos pontos de referência e rotas.

A análise de variância foi realizada sobre os valores informados pelo MapAnalyst, de orientação relativa de todos os participantes. Esperou-se que os valores observados nas imagens 3D em relação aos 2D, de acordo com Haeberling et al (2008) de 46° para abertura da câmera, fossem estatisticamente não significantes em relação às representações da carta topográfica impressa. De modo semelhante, o número de acertos em relação à quantidade e a posição dos pontos de referência nas representações modificadas deviam ser significantes ao nível de 5%, comprovando que a simbologia proposta atende aos requisitos de navegação de forma semelhante à carta topográfica convencional.

Para isso, os resultados dos questionários, e os pontos de referência indicados nos croquis, podem ser expressos em termos da frequência para cada um dos parâmetros de quantidade e posição (topologia). Esta análise topológica considera o número de pontos de referência identificados e suas posições relativas no croqui.

Os dados tabelados foram analisados através de testes estatísticos para validação das respostas. A análise estatística envolveu as seguintes etapas: decisão sobre o tamanho da amostra, teste aderência entre as frequências observadas e as de controle por qui-quadrado (λ^2), e a análise de variância unidimensional por parâmetro ANOVA.

O tamanho da amostra foi definido em 40 indivíduos (valor arredondado para cima) através da equação apresentada por Witte e Witte (2005):

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 \cdot p \cdot q}{E^2} \quad (1)$$

onde:

n= número de usuários na amostra;

$Z_{\alpha/2}^2$ = grau de confiança, neste caso o valor crítico é 1,96 para 0,05;

p = Proporção populacional de indivíduos do grupo experimental, adotado como 50%

q= Proporção populacional de indivíduos do grupo de controle, adotado 10%;

E= Erro Máximo da Estimativa, definido como 5% para ter relação com o grau de significância de 95%.

O teste de qui-quadrado (χ^2) é um teste de hipóteses que se destina a encontrar um valor da dispersão para duas variáveis nominais, avaliando a associação existente entre variáveis qualitativas (Beiguelman, 1996). É um teste não paramétrico, ou seja, não depende dos parâmetros populacionais, como média e variância. As possíveis divergências entre as frequências observadas e esperadas para certo evento evidenciam se dois grupos se comportam de forma semelhante quando as diferenças entre as frequências observadas e as esperadas em cada categoria forem muito pequenas, próximas à zero.

Portanto, o teste é utilizado para verificar se a frequência com que um determinado acontecimento observado em uma amostra se desvia significativamente ou não da frequência esperada. Este teste também é adequado a avaliar se proporções observadas de eventos mostram ou não diferenças significativas ou se as amostras diferem significativamente quanto às proporções desses eventos (Beiguelman, 1996). Os valores do teste podem ser determinados pela equação:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (2)$$

Onde:

fo = frequência observada para cada classe,

fe = frequência esperada para aquela classe.

Nesta pesquisa, a hipótese nula (H_0) é que não existe diferença entre os potenciais de uso da carta 3D para a navegação virtual não imersiva e uma carta topográfica convencional. A hipótese alternativa (H_1) falseia a hipótese nula. Entretanto, a hipótese nula é muito ampla por envolver diversos fatores.

Por esta razão ela foi dividida em análises menores correspondentes à estimativa de número de PRs, posição e orientação relativa.

As frequências esperadas foram calculadas a partir dos totais assumindo que, numa situação ideal, todas as feições sejam corretamente identificadas e reconhecidas. A significância estatística esperada por meio de testes de análise de variância não paramétrica (Kruskall-Wallis). Este teste será utilizado para avaliar as frequências das respostas no questionário e os croquis.

A terceira análise se refere aos atributos dos pontos de referência. Foram avaliadas as respostas em relação à lembrança das variáveis visuais adotadas e a orientação das feições. Quaisquer variações nas respostas em relação ao símbolo existente foram interpretadas neste teste como efeito dos processos internos que podem armazenar a informação de modo equivocado (ver capítulo 5). As respostas foram quantificadas em termos de acerto com cada aspecto gráfico representado no mapa 3D e as variâncias foram avaliadas pelo teste de variância.

Por não se tratar de uma distribuição normal a aplicação da ANOVA diretamente não foi possível. Para tanto foi utilizado o teste Kruskal-Wallis, com o programa Matlab. Em relação à ANOVA este teste substitui a estatística F pelo teste de qui-quadrado. Este teste é uma versão não-paramétrica da ANOVA de um fator. Este teste compara as medianas de duas ou mais amostras com distribuição não normal, e retorna o valor p para a hipótese (nula) de que todas as amostras são retiradas da mesma população ou populações com a mesma distribuição. O valor de p mede a significância do resultado pela distribuição do qui-quadrado. Desta forma, o teste avalia a hipótese de que todas as amostras vêm de populações que têm a mesma mediana, contra a alternativa de que as medianas não são todas iguais. Segundo Kruskal e Wallis (1952) os valores de p significativos ficam entre 0,05 e 0,001. Valores acima são não significativos ao passo que valores abaixo deste limite lançam dúvidas em relação à hipótese nula.

7. RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados desta pesquisa dividida em três partes. Na primeira sessão são apresentados os resultados da proposição de mapa 3D segundo as discussões dos capítulos precedentes. Na segunda parte são descritos os testes através dos quais a metodologia de avaliação foi aplicada. Na terceira parte são apresentados os resultados dos testes aplicados à comunidade usuária e as análises realizadas.

7.1. SIMBOLOGIA PARA O MAPA 3D

7.1.1. Proposição geométrica

a. Modelo digital do terreno (MDT)

Na proposição foi utilizado o TIN (*Triangular Interpolated Network*) para o MDT gerado a partir de pontos cotados e curvas de nível da base cartográfica com equidistância de 10 metros no programa ArcGis 9.3. Esta estrutura foi selecionada por permitir melhor adequação do modelo aos pontos coletados e permitir incluir linhas de quebra para suavizar a transição entre feições como, por exemplo, o terreno e uma rodovia. Entretanto o Blender não reconhece este tipo de estrutura, por isso foi gerada uma imagem em níveis de cinza. Esta imagem, uma matriz onde cada valor de pixel representa um valor de altitude, pode então passar pelo processo de extrusão pelo Blender no sentido da coordenada Z de modo a criar um MDT de malha regular. A figura 41 apresenta o MDT criado no Blender com aplicação da textura básica.

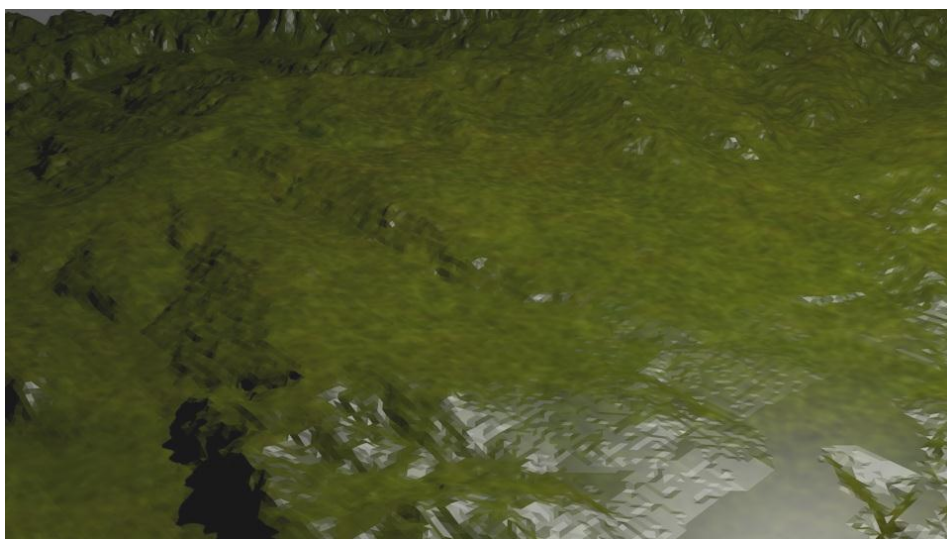


FIGURA 41: MDT COM APLICAÇÃO DE TEXTURA
FONTE: Autor.

Não foram aplicados valores para o exagero vertical. Esta é a primeira de uma série de injunções aplicadas nesta pesquisa como forma de reduzir a dimensionalidade das análises, ou seja, reduzir o número de parâmetros que variam nas representações.

b. Rodovias e hidrografia

Nos mapas em papel as rodovias e hidrografia são construídas com linhas simples ou duplas dependendo da escala da representação. Na carta topográfica 3D, estas feições foram construídas através de prismas criados a partir dos polígonos de contorno das feições e foi aplicado o processo de extrusão na direção da vertical do modelo. A representação das vias no MDT recebeu tratamento de suavização de bordas, ou seja, uma interpolação nas bordas dos rios e estradas para diminuir o efeito de sobreposição destes elementos com o MDT e dar ao usuário uma sensação mais “natural”. Este problema é sentido em modelos que utilizam os mesmos pontos para elementos diferentes da representação ou se utilizam da normal da face do triângulo do MDT para a extrusão. Nestes casos as vias podem ficar estranhamente inclinadas no sentido transversal para acompanhar o declive do terreno.

As representações das subclasses de rodovias seguiram a mesma classificação do mapeamento sistemático. A proposição geométrica considerou que a representação da largura das vias e o número de faixas representadas devem ser semelhantes à realidade e não envolver outras variáveis visuais, como o tracejado branco e vermelho. Essa decisão ordena as rodovias de modo visual e hierárquico (figura 42). Esta consideração, das subdivisões de forma ordinal, pode contribuir para a navegação e orientação, pois a variável visual tamanho aplicada a largura das rodovias favorece que as mesmas sejam lembradas.

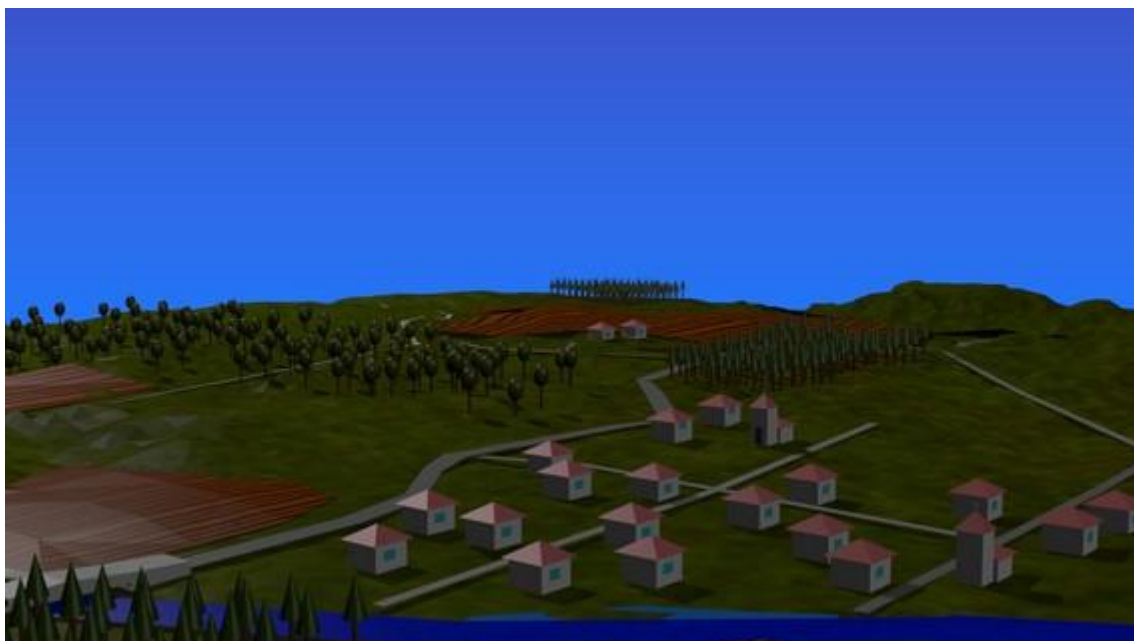


FIGURA 42: RODOVIAS REPRESENTADAS NO MAPA 3D

FONTE: Autor.

Pode-se questionar se dependendo do ponto de vista do observador a largura não será maior ou menor uma vez que a escala muda ao longo da linha de visada. Na construção geométrica para a carta geral esta variação não foi considerada. Porém, na diferenciação dos pontos de referência com aplicação da variável visual tamanho a representação foi construída de forma que as subclasses de rodovias fossem percebidas independente do ponto de vista. Isto foi realizado pela aplicação da variável tamanho na largura das linhas.

c. Vegetação

A vegetação rasteira e arbustiva é caracterizada por áreas agriculturáveis, pastos, pastos sujos, alagados e macegas, e foi representada por polígonos criados pelo processo de extrusão semelhante ao utilizado nas vias. A altura dos polígonos de vegetação foi definida empiricamente, de modo que seja perceptível na representação sem dominar a cena.

A representação da vegetação alta (árvores) foi simbolizada através da associação de dois objetos geométricos em função da classe de árvores. Para as decíduofoliadas foram utilizados uma esfera para a copa e um cilindro para o tronco, para as coníferas foi utilizado um cone e cilindro. A distinção dos tipos de árvores pode ser importante para destacar os diversos grupos destes elementos no modelo (figura 43). Em um estudo exploratório a configuração

das formações vegetais, como a distribuição de pinus em talhões regulares, são indícios que podem aumentar as chances destas feições serem selecionados como pontos de referência.



FIGURA 43: VEGETAÇÃO NO MAPA 3D
FONTE: Autor

d. Edificações

A classe de edificações foi representada por símbolos construídos pela associação de cubos para o corpo das residências e diferentes associações de planos e triângulos para o telhado, seguindo a teoria dos *geons*. Estas configurações são diferentes de acordo com o uso da edificação e são separadas em residências, escolas, igrejas (figura 43).

Entretanto, é importante que estes elementos sejam percebidos como grupo dentro das suas subclasses e como classes separadamente. Os tamanhos dos símbolos obedeceram aos princípios de Haeblerling et al (2008) que afirma que sua identificação deve ser inequívoca em qualquer distância na cena. Através das possibilidades do *OpenGL* é possível definir vários símbolos para diferentes graus de realismo e trocar por símbolos mais realísticos à medida que o usuário se aproxime da posição do objeto, quando for aplicável segundo a solução do projeto cartográfico. Isto é feito através da distância da posição da câmera, que representa o usuário, até a posição do símbolo. Este procedimento atende a proposição do nível de detalhamento (LoD) de maneira simples e eficiente. O grau de realismo dos símbolos contribui para o

entendimento destes como indicações de profundidade, conforme as orientações de Vinson (1999) e Haeberling et al (2002) (ver Anexo I e tabela 2).

7.1.2. Proposição de solução para linguagem cartográfica.

Após a modelagem geométrica, os símbolos têm sua estrutura definida semelhante às representações em CAD no modo *wireframe*, ou seja, o objeto é composto somente de pontos e linhas. A segunda etapa consistiu na aplicação dos aspectos gráficos. Estes aspectos são as variáveis visuais dos mapas 3D, conforme apresentado na tabela 2.

a. Vegetação

Nesta fase os tipos de vegetação são considerados como uma classe cujos diferentes polígonos foram representados em um mesmo matiz de cor. A vegetação rasteira pode conter as subclasses pasto e macega segundo classificação das cartas topográfica do mapeamento sistemático. As culturas foram representadas uma textura em tom amarelo com pouca luminosidade (baixo valor de cor) e linhas amarelas com alta saturação alternadas, simbolizando a terra agricultável. Esta solução atende à relação do símbolo com o objeto representado, discutido no capítulo 5. As subclasses pasto e macega foram representadas com texturas misturando verde e cinza aplicadas aos polígonos definidos no passo anterior.

Pela capacidade das texturas de fornecer uma grande quantidade de detalhes ao usuário, as mesmas podem atrapalhar a percepção de objetos próximos ou criar uma distração quando o usuário navegar na representação. Além disso, os princípios de Haeberling et al (2008) e Vinson (1999) (Anexo I), permitem inferir que a orientação do padrão das texturas, especialmente as construídas a partir de elementos lineares, pode contribuir para a orientação realizada no modelo (Anexo I). Esta orientação deve ser semelhante para esta subclasse de feição assim como para as vias e edificações. Como exemplo, a figura 44 (a) apresenta um extrato da legenda do Mapeamento Sistemático Brasileiro em relação a proposição geométrica desenvolvida.

Nesta proposição, as subclasses de árvores coníferas e decíduifólias foram representadas com diferenças de forma, através de suas copas e com diferentes valores de cor para criar tons de verde semelhantes à realidade. As

deciduófoliadas receberam um tom mais claro, seguidas pelas coníferas com tons mais escuros. Estas decisões atendem ao senso comum, que de maneira geral, identifica estas variações deste modo. Destaca-se que não existe uma hierarquia entre estes tipos de vegetação no contexto do projeto, mas fazer distinção entre os tipos pode, segundo Schmidt (2010), promover os grupos destas feições a ponto de referência locais (figura 44 b). A escolha destas cores se baseia no critério de associação de cores e foi adotada nas pesquisas de Petrovic (2003) e Petrovic e Masera (2004).

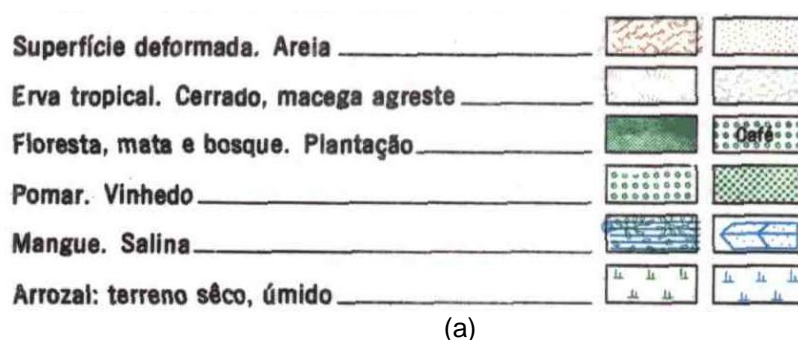


FIGURA 44: LEGENDA DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO
 FONTE: (a) DSG, 1965 e (b) autor

b. Rodovias e hidrografia

As rodovias asfaltadas foram representadas em preto. As estradas vicinais ou estradas rurais são representadas em cinza claro. A hidrografia seguiu a solução do mapeamento sistemático na escala da carta.

c. Edificações

As edificações foram representadas por prismas monocromáticos com telhados compostos por planos em tom vermelho (figura 45 b), conforme Fosse (2008).

Igreja. Escola. Mina _____ † ‡ ✂
 Moinho de vento. Moinho de água _____ ☼ ✨

(a)



(b)

FIGURA 45: LEGENDA DE OCUPAÇÃO E USO DO SOLO

FONTE: (a) DSG (1965) e (b) autor.

Schmidt e Delazari (2010) concluíram que a proposição de Fosse (2008) para a representação das casas não agrega muitos elementos de referência pela simetria dos lados do símbolo, uma vez que durante os testes de navegação os usuários se confundiram com sua orientação (os usuários não sabiam qual lado da edificação estavam observando). Por esta razão alguns elementos como portas e janelas foram incluídos. Estas decisões de projeto foram adotadas, pois a variável forma permite entender as edificações como uma classe e a variável visual matiz as distingue como subclasses representadas de acordo com o uso (residencial, industrial, escolas e igrejas).

7.1.3. Diferenciação dos pontos de referência

a. Distribuição dos pontos de referência (Posição)

De acordo com o que foi discutido nos capítulos 5 e 6, uma distribuição consistente de pontos de referência segundo uma matriz visual, na qual as relações espaciais entre os pontos possam ser relativamente determinadas, cumpre com esta tarefa, pois favorece a seletividade dos símbolos. A distribuição dos pontos de referência foi realizada de modo que no mínimo dois pontos de referência sejam intervisíveis. A navegação pode ser facilitada se o usuário perceber que os objetos são identificados como pertencentes a uma mesma classe de elementos e distribuídos de modo que sua posição seja

inequívoca no seu mapa cognitivo. Isto pode ser conseguido, segundo Vison (1999), se a posição e as variáveis visuais utilizadas no símbolo o destacarem o suficiente para ser registrado e armazenado pelo usuário. Por esta razão, estes pontos foram selecionados, preferivelmente, entre feições isoladas, cruzamento de vias ou pontos de destaque no terreno.

Por esta pesquisa tratar de uma carta topográfica 3D, e segundo os indícios de necessidade de regularidade na distribuição espacial destacados por Pinker (2009), é importante destacar que os pontos de referência não tiveram suas posições e orientações alteradas, mas a sua distribuição na representação foi usada como critério para decidir se a feição seria ou não tomada como ponto de referência e, portanto, teria sua representação alterada pela variáveis visuais.

Sob o aspecto cognitivo, a distribuição dos pontos de referência pode gerar uma hierarquia visual entre aqueles que são intervisíveis, e podem gerar algumas situações que devem ser avaliadas na criação do mapa 3D (Klippel, 2003). Esta hierarquia visual cria pontos de referência locais subordinados a pontos globais em uma hierarquia visual. Dependendo das configurações da câmera, estes pontos são constantemente trocados na medida em que a imagem permita a visualização de modo global ou local da cena (Schmidt, 2010).

O ponto 1 na figura 46a apresenta uma posição menos favorável à capacidade do usuário lembrar qual direção seguir se usado isoladamente. Conforme o nível de conhecimento (ponto de referência, rota ou terreno) no qual o usuário esteja inserido os processos internos de reconhecimento e armazenamento da informação espacial podem atrapalhar a navegação. Por exemplo, o usuário pode trocar a direita pela esquerda e errar a via de navegação. A colocação de um segundo ponto de referência reforça a primeira situação ao informar ao usuário que ele deve passar entre os dois pontos de referência ou na via ao lado deles. Esta é uma informação importante para a navegação. Estes pontos podem ser, por exemplo, duas árvores ou postes, ou ainda a combinação de árvore e poste de iluminação.

Na figura 46b ocorre uma situação semelhante, porém em nível de complexidade maior em ambientes urbanos ou com alta densidade de feições representadas. A colocação de uma referência no ponto 2 não é tão adequada

quanto o exemplo anterior devido à simetria das quadras no cruzamento das vias. De modo semelhante, a colocação de uma referência no ponto 1 não contribui para o ponto 2. Neste caso, a referência pode ser realizada explorando o sentido de direita e esquerda, ao utilizar uma combinação dos pontos 1 e 3; ou utilizar uma combinação entre os pontos 1 e 4, 3 e 4 ou 1,3 e 4, desde que intervisíveis.

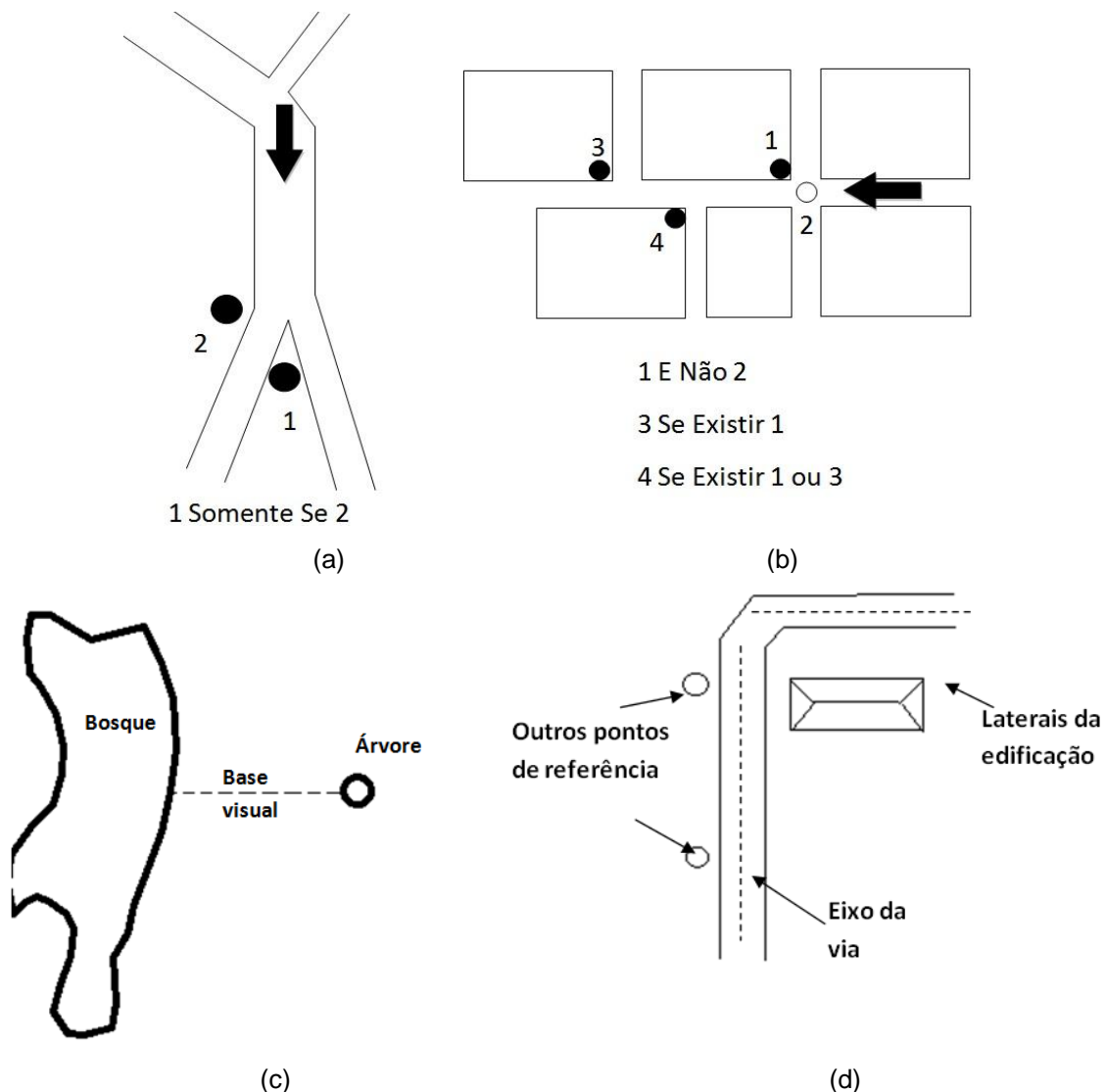


FIGURA 46: SITUAÇÕES PARA DISPOSIÇÃO DE PONTOS DE REFERÊNCIA.
FONTE: Autor.

As figuras 46c e 46d demonstram outras situações. A primeira trata de um elemento isolado próximo a um grupo de elementos semelhantes. Na figura 46c, uma árvore está representada próxima a um bosque, mas separada deste. Se a imagem estiver orientada ao norte, como os mapas na posição convencional de leitura, o usuário ao observar a representação a partir do norte

ou do sul perceberá as duas feições separadas e pode-se criar uma base visual entre as mesmas. Esta base permite ao observador se orientar em relação às duas feições, enquanto estiver em uma posição que não ocorra oclusão. Porém, se este usuário observar a cena a partir do leste, é necessário que o contraste de forma, matiz e valor de cor aplicada às representações seja suficiente para a separação figura-fundo. Caso contrário, não será possível distinguir a existência de duas feições diferentes. Na vista do oeste ocorre a oclusão total ou parcial do ponto de referência pelo bosque. Entre os fatores de agrupamento, a unicidade faz com que objetos percebidos como grupos inicialmente tendem a ser vistos como grupos ao longo do tempo. Este fator foi explorado na representação ao escolher posições e feições que, sempre que possível, foram representadas juntas para favorecer a formação da base visual.

Outro aspecto importante na distribuição espacial dos pontos de referência é a seletividade favorecida pela posição. Em mapas temáticos, a seletividade influi na percepção de agrupamento de pontos em mapas de ponto de contagem, por exemplo. Na figura 46d a distribuição das feições de modo aproximadamente regular facilita a lembrança dos mesmos como pontos de referência, conforme as orientações de Vinson (1999). Na carta topográfica 3D, a extensão espacial deste agrupamento pode dar ideia de quantidades como, por exemplo, o número de casas agrupadas numa região pode indicar o tamanho relativo da localidade em relação a outras áreas na representação.

Além disso, a pesquisa de Forrest e Castner (1985) na leitura de mapas indica que numa busca visual os símbolos geometricamente mais simples são mais facilmente encontrados que símbolos pictóricos. Entretanto, estes últimos reduzem o uso de legendas para interpretação da informação codificada. Estes autores propõem a combinação de símbolos pictóricos com figuras geométricas (quadrados, triângulos e círculos) para melhorar a identificação e reduzir erros de leitura de mapas. Visto que os objetos da representação de pontos de referência são semelhantes, uma adaptação pode ser implementada na representação dos mesmos. A variável visual forma foi explorada nas representações das feições de forma marcar arestas e orientações, mesmo combinando diversos *geons*.

Por fim, a proposição geométrica e distribuição dos pontos de referência na cena adotaram as seguintes considerações:

- Em rodovias, as pequenas curvaturas foram ignoradas e substituídas por retas como forma de simplificar as feições;
- Os elementos isolados próximos a grupos de elementos semelhantes, como uma árvore isolada próxima a um conjunto de árvores, foram selecionados para ser alterado por uma das variáveis visuais selecionadas, como forma de atrair a atenção e destacá-lo sobre os elementos no seu entorno. Desta forma, a observação direta da feição isolada encontra maior heterogeneidade da figura com o fundo do que a representação semelhante;
- As feições isoladas, selecionadas como ponto de referência, tiveram ao menos uma das faces representada de modo diferente das demais. Por exemplo, transformar a copa de uma árvore em um cubo e aplicar um tom diferente na face voltada para o leste do tom aplicado às demais faces.

b. Aspectos gráficos dos pontos de referência.

- Tamanho

Assim como no mapeamento temático, esta variável visual permite que a feição selecionada como ponto de referência seja evidenciada. Associada com a posição, descrita no item anterior, uma variação em tamanho destaca a feição das demais do seu entorno e influencia na atenção seletiva, como na figura 47. Além disso, ao ser aplicada à rodovias, esta variável cria uma hierarquia visual entre as subclasses, importante para destacar estas feições no mapa cognitivo do usuário.

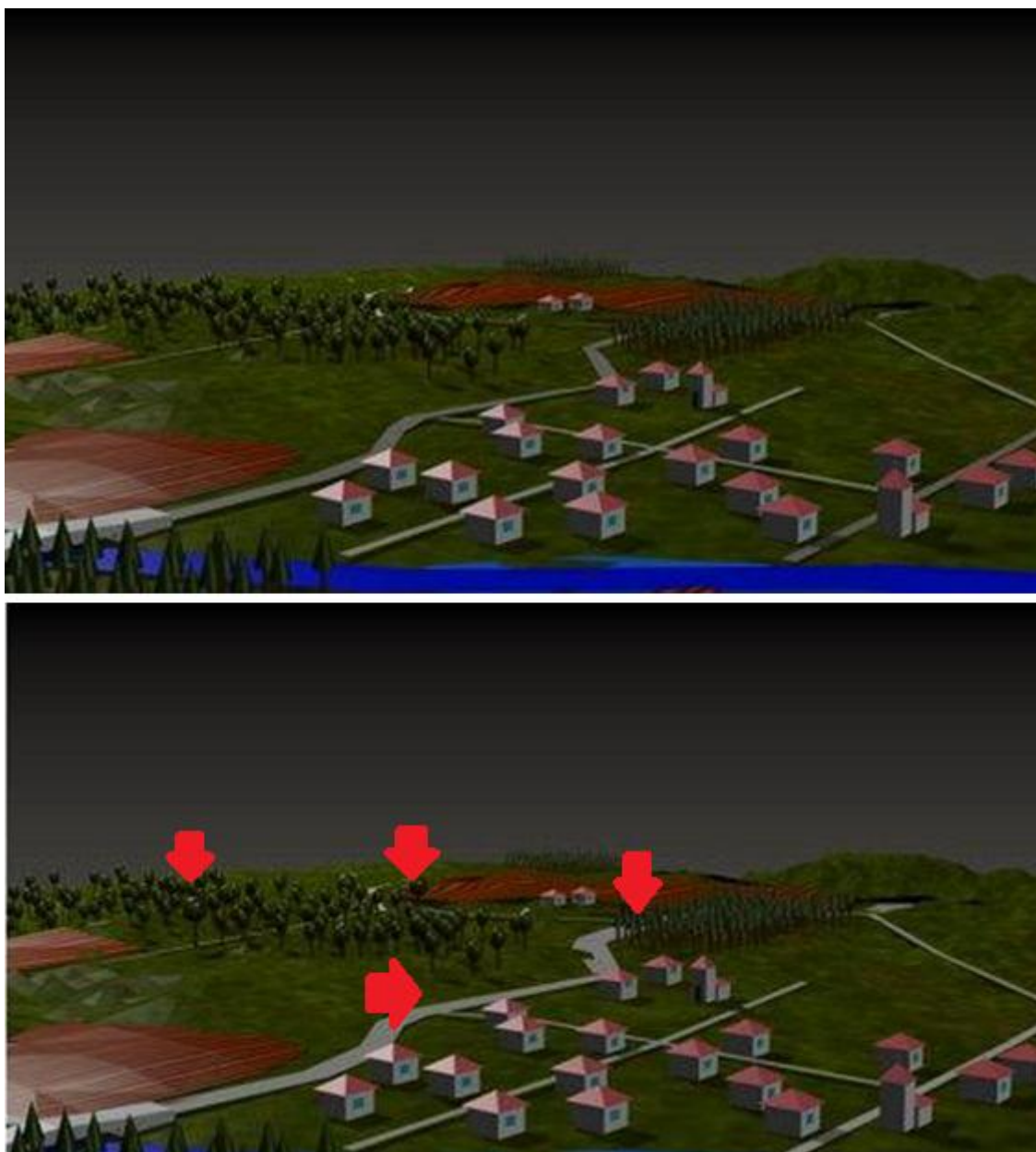


FIGURA 47: APLICAÇÃO DA VARIÁVEL VISUAL TAMANHO.
 FONTE: Autor.

- Forma

A forma é uma importante variável visual em mapas 3D, especialmente se aplicada de forma não usual. Nesta proposição, além da diferenciação das torres das igrejas, fazendo-as mais altas do que as edificações circundantes, alguns pontos de referência como árvores isoladas foram testados com formas não usuais. Por exemplo, entre as árvores algumas tiveram o objeto representativo da copa (esfera ou cone) substituído pelo cubo (figura 48).

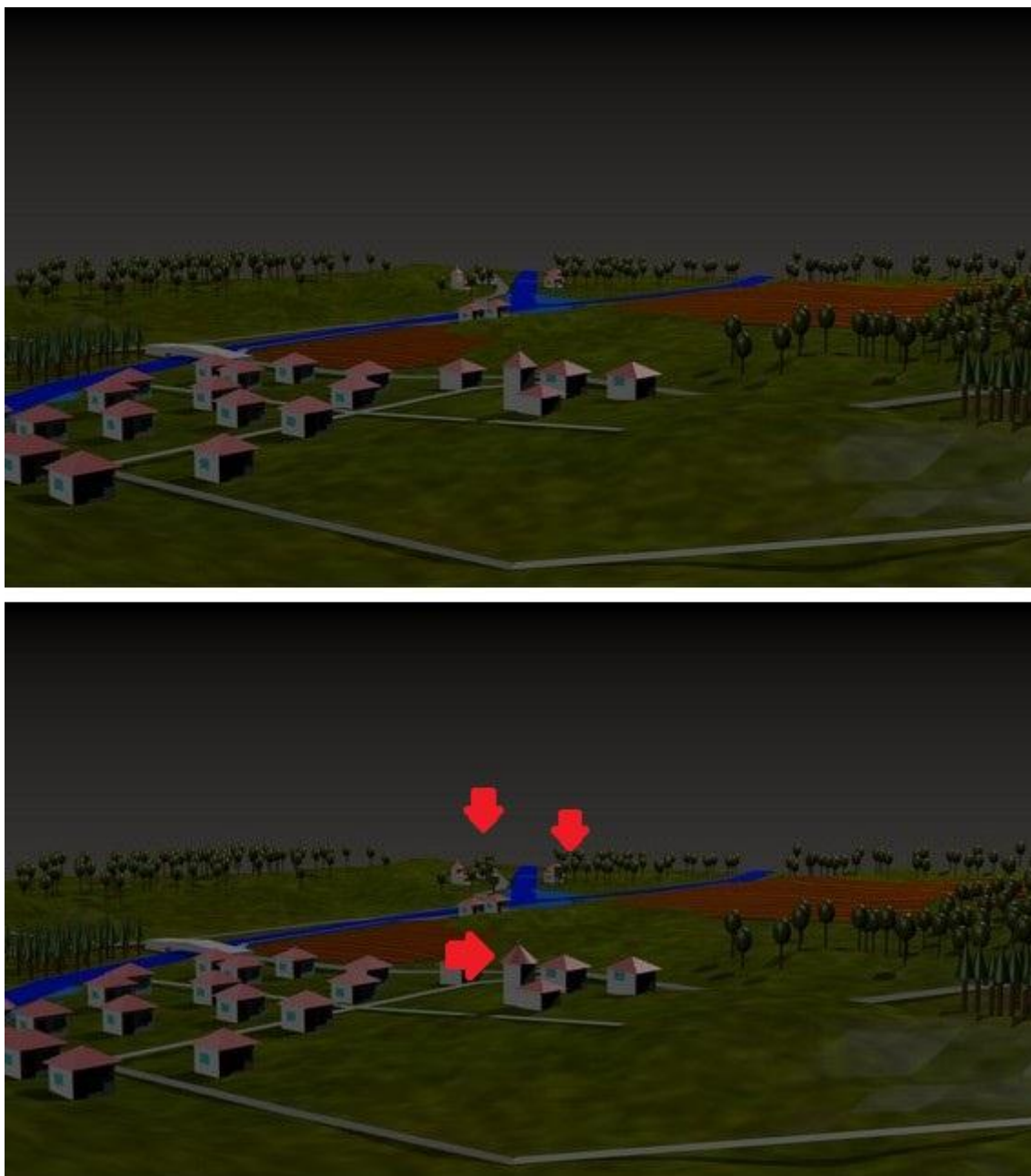


FIGURA 48: APLICAÇÃO DA VARIÁVEL VISUAL FORMA.
FONTE: Autor.

- Valor de cor

Na representação de pontos de destaque e com maiores chances de serem escolhidos como referência, como as igrejas, a face direcionada para o leste foi destacada com a manipulação do valor de cor dos telhados. Isto foi realizado aplicando-se diferentes valores de cor para as faces viradas para os pontos cardeais (figura 49).

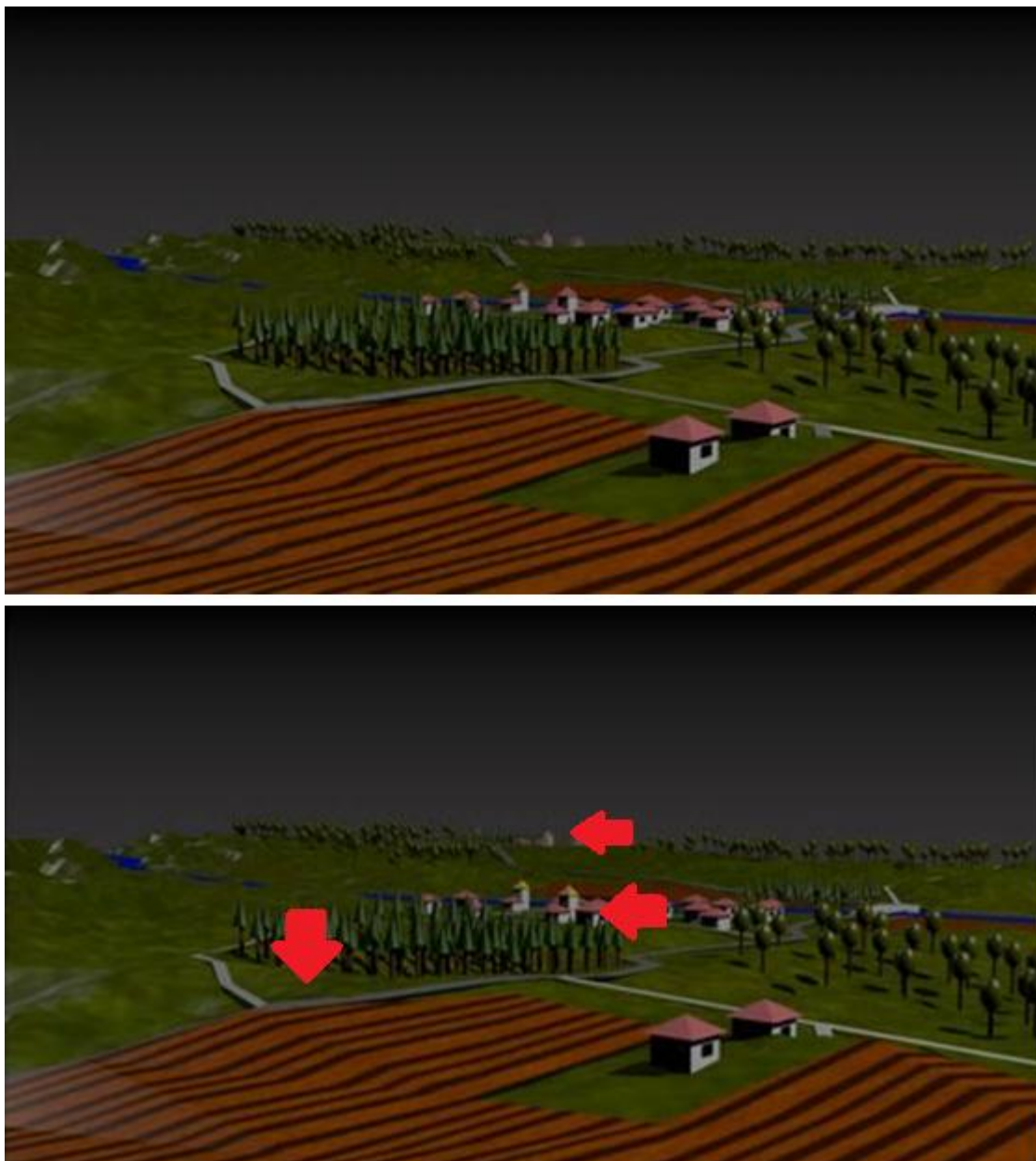


FIGURA 49: APLICAÇÃO DA VARIÁVEL VISUAL VALOR DE COR.
FONTE: Autor.

No caso específico de igrejas, a adoção de diferentes matizes na representação dos telhados se justifica na finalidade do mapa, como no exemplo, para a navegação. Neste caso, o brilho (alta luminosidade) do telhado das igrejas se destaca na representação tornando-as pontos de referência preferenciais. Além disso, as alturas das torres as destacam na paisagem, especialmente entre outras feições ao redor. O valor de cor também foi aplicado nas estradas como forma de distingui-las de acordo com a subclasse a que pertencem: rodovia principal, rodovia secundária e vicinal.

7.1.4. Proposição de solução para a apresentação

A terceira parte desta proposição é comum tanto a representação em geral quanto aos pontos de referência. Os aspectos de apresentação influenciam na visualização da carta topográfica 3D, e envolvem as configurações de câmera, iluminação e céu.

a. Configurações da câmera

O ângulo de abertura das câmeras foi definido em 46° (Haeberling et al, 2008) com variações de $\pm 4^\circ$ devido à visão periférica, e o ângulo de elevação do centro da câmera de 38° com declinação de 15% (figura 50). A sessão 8.2.1 apresenta a descrição do teste realizado para avaliar a influência destes efeitos na manutenção da orientação.

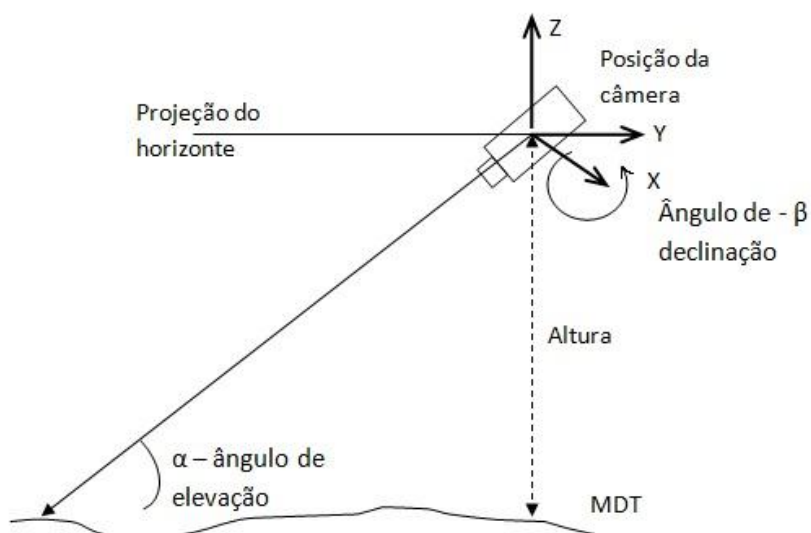


FIGURA 50: ANGULOS DE ELEVAÇÃO E DECLINAÇÃO DA CÂMERA
FONTE: Adaptado de Suomela et al (2003)

A abertura da câmera tem efeito direto na perspectiva da cena e, consequentemente, no nível de detalhe (*Level of Detail – LoD*). Este artifício é bastante utilizado na computação gráfica. Nesta área, o objetivo é reduzir o número de elementos e pontos que os representam como forma de acelerar o processamento da imagem. O LoD é implementado em várias API disponíveis, inclusive o *OpenGL*. No contexto da cartografia, este efeito se assemelha ao operador de generalização cartográfica simplificação e, em partes, com o operador substituição. A intensidade desta generalização é relacionada com o

ângulo de abertura da câmera. A figura 51 apresenta o efeito do LoD numa cena em relação aos símbolos representados.

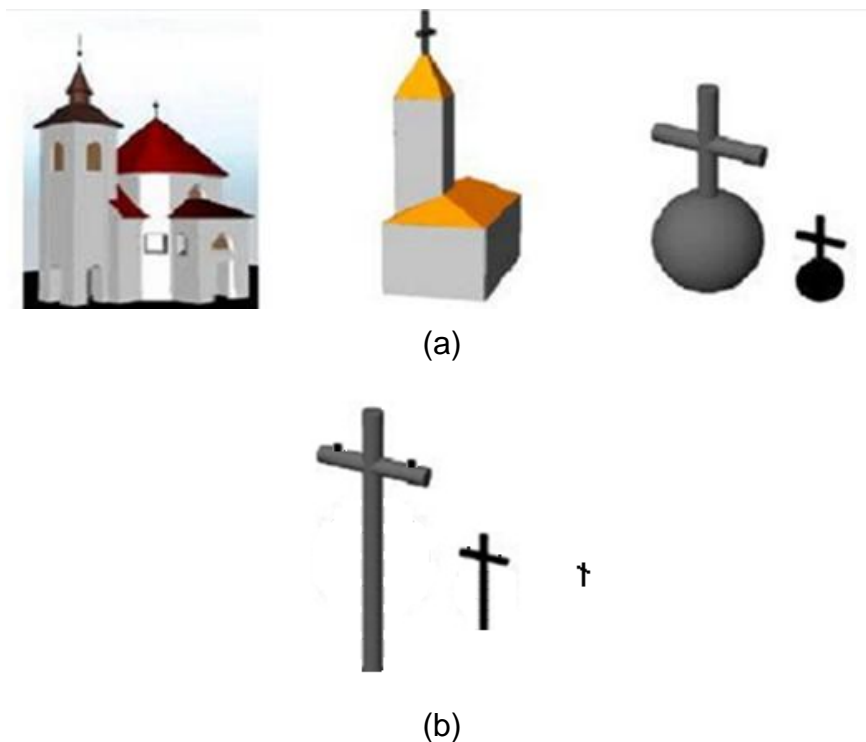


FIGURA 51: NÍVEL DE DETALHES APLICADOS A REPRESENTAÇÃO DE IGREJAS E POSTE DE ILUMINAÇÃO
 FONTE: a) Petrovic (2003) e b) o autor.

b. Configurações de iluminação e estrutura do céu

A iluminação em mapas 3D criados em linguagem VRML (figura 52) geralmente adotam a fonte de iluminação posicionada atrás da câmera com visada no mesmo sentido da câmera. Esta solução é criticada por criar sombras de forte intensidade que prejudicam a percepção da cena.

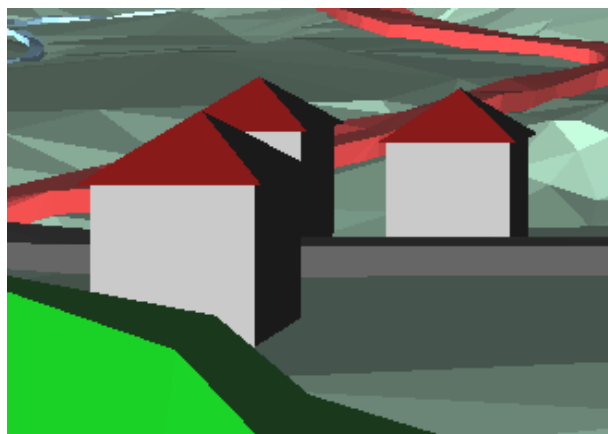


FIGURA 52: EFEITO DE ILUMINAÇÃO FOCAL
 FONTE: Adaptado de Fosse (2008)

Por isso, a iluminação da cena foi injuncionada como intensidade mediana e espalhamento difuso, para propiciar uma iluminação semelhante a todos os elementos da cena. A posição escolhida foi para a posição do sol próximo das 10h da manhã, ou seja, aproximadamente 55° de azimute e elevação entorno de 43° . Esta estratégia propõe a posição do sol como um referencial de navegação que pode ser utilizado pelos participantes dos testes. Para atenuar as intensidades das sombras foram dispostos outros dois pontos de luz com intensidade suave ao longo da representação.

Para a representação do céu foram adotados dois fundos diferentes. O primeiro no tom azul claro e o segundo em um tom cinza escuro. Ambos os casos são adotados na literatura, sem que seja avaliada sua influência na discriminação dos objetos presentes na representação. Isto é importante, pois árvores, montanhas, casas e quaisquer outros objetos serão, em grande parte das vezes, discriminados na separação figura-fundo com o céu.

7.1.5. Resumo da proposição e construção dos mapas 3D

De acordo com a proposição apresentada, os modelos foram projetados de modo que seja possível avaliar a orientação no modelo por meio do projeto de símbolos, e a orientação na interface através das metáforas da grade, do mapa impresso e do mapa exposto simultaneamente. As tabelas 4 e 5 apresentam o resumo para geração do mapa 3D.

TABELA 4: Resumo das configurações dos aspectos de produto para a proposição da linguagem cartográfica.

FONTE: Autor.

MODELO	ATRIBUTO
MDT	Resolução: 10m
Vegetação	Árvores individuais e com símbolos geométricos construídos a partir de cones, esferas e cilindros
	Polígonos de vegetação rasteira com textura lisa monocromática (em verde)
	Polígonos de vegetação rasteira com textura composta de diferentes tons de verde
Culturas	Polígonos com textura composta de diferentes tons de amarelo
Edificações	Representadas com símbolos padronizados, cujos lados orientados foram destacados quando as feições selecionadas como PRs.
Hidrografia	Prismas em azul semelhante ao da carta topográfica do mapeamento sistemático brasileiro
Fundo	Cor: azul ou cinza escuro
	Padrão: cor em degradê

TABELA 5: Resumo das injunções para a proposição da linguagem cartográfica.

FONTE: Autor.

INJUNÇÕES	
Classificação das feições	Realizada de acordo com o mapeamento sistemático, ou seja, classes nominais com classificação interna ordinal quando houver necessidade.
Exagero vertical do MDT	Fixo em 1
Elevação da linha de visada	38° (declinação de aproximadamente 15%)
Ângulo de abertura	46° ± 4°. Os resultados do primeiro teste podem indicar qual das aberturas é mais adequada.
Altura da câmera	Cerca de 15m, em escala, acima do MDT
Azimute de Iluminação	55° (aproximadamente 10H30, hora relógio)
Iluminação	Difusa para minimizar sombras fortes
	Focal na posição do sol em sua correta posição geográfica no azimute considerado

7.2. TESTES

Os testes avaliaram o impacto da variação do ângulo de abertura e atitude da câmera e as características dos pontos de referência nas proposições de simbologia na capacidade de navegação dos usuários. Para tanto, foram quantificados o número de pontos de referência e as diferenças das estimativas de posição, distância e orientação relativas para verificar o

nível de entendimento da representação. Cada teste foi executado em sequência dentro da mesma sessão de testes. A sessão consistiu em testes da influência do ângulo de abertura da câmera na percepção de distâncias relativas e simbologia para a carta geral, e a influência das variáveis visuais tamanho, forma e valor de cor na percepção de pontos de referência e organização das informações na memória de curta duração.

A sessão de testes se iniciou com a primeira parte do questionário, ou seja, identificação e caracterização do usuário. Durante a realização das demais etapas os participantes responderam as demais questões do formulário à medida que executaram os testes. Os testes 1 e 2 consistiram da apresentação de uma série de imagens impressas com diferentes ângulos de abertura, após as quais foi solicitada a elaboração de croquis referentes a cada uma delas.

Os critérios de análise são a quantidade de detalhes, a recordação das suas características e estimativa posicional nas respostas fornecidas. Estas informações foram fornecidas pelos participantes através de croquis realizados para cada uma das imagens mostradas no teste. Em cada teste os participantes receberam uma tarefa de navegação diferente. Os croquis, portanto, representam as respostas às estas tarefas. Posteriormente, estas informações e as frequências relativas foram analisadas estatisticamente para se determinar os graus de significância das respostas em relação a proposição desta tese.

Nesta pesquisa, os questionários foram divididos em quatro partes. A primeira se destina a identificar o perfil do participante através da coleta de informações sobre idade, área e nível e de formação e deficiências visuais. Estas informações são relevantes para caracterizar os usuários de maneira anônima e, posteriormente, relacionar com as respostas aos testes na tentativa de identificar padrões de uso do mapa. Como afirma Montello (2002), existem muitos fatores que podem contribuir na variação da cognição espacial dos quais se destacam a idade, língua, cultura, grau de instrução, entre outros. O autor destaca que estabelecer relacionamentos entre estas características é muito difícil. Entretanto, seu uso não deve ser descartado, pois o objetivo é evidenciar vícios de leitura de mapas ou outros problemas no seu uso que o próprio usuário pode desconhecer.

Na segunda parte, as questões propostas podem evidenciar o grau de instrução em cartografia através de perguntas sobre a realização de cursos em cartografia temática, da frequência com que constroem e usam mapas topográficos e quais recursos utilizam para construir mapas. A terceira parte procura relacionar a experiência do usuário em navegar em ambientes reais (a pé ou dirigindo) com as repostas dos testes. As perguntas procuram identificar participantes com dificuldades de navegação. A quarta parte do formulário é destinada a realização dos croquis, que são as respostas aos testes. Nesta parte, os voluntários fizeram além dos desenhos a mão livre, o relato da sua experiência com os testes propostos.

Durante os testes foram desenhados diversos croquis com o objetivo de identificar quais foram os pontos usados pelos participantes para se orientar, se autolocalizar e criar rotas para uma potencial navegação no modelo (não houve movimento da câmera). A partir desta descrição pode-se ter um indicativo de quais pontos de referência foram usados, ou pelo menos quais foram armazenados na memória de curta duração do usuário, suas características e possíveis deformações do espaço ocorridas na criação da representação interna da área.

O questionário, apesar de extenso, busca identificar a capacidade de captura da informação e armazenamento da mesma nos mapas cognitivos dos participantes. Esta proposição vai ao encontro à discussão dos capítulos 5 e 6 para identificar como os usuários percebem os mapas e processam a informações contidas neles.

Como se trata da posição espacial dos pontos de referência no mapa 3D, a estratégia adotada é comparar os croquis 2D e 3D da mesma região como forma de obter evidências que permitam inferir sobre a percepção do mapa. Por isso, ao final da sessão de testes um mapa topográfico convencional em pequena escala é apresentado no questionário a partir do qual o usuário desenha mais uma vez um croqui. Este último tem a função de avaliar a capacidade do participante em ler um mapa com simbologia convencional em vista exocêntrica. Caso os croquis consigam ser relacionados através das análises estatísticas e pelo MapAnalyst, existe um indicativo de que a proposição consegue estimular o processamento visual do mapa de forma semelhante em ambos os casos.

Do total de participantes (quarenta, segundo estimativa apresentada na sessão 7.2.3) foram selecionados 12,5%, ou seja, cinco participantes, para a realização do teste *Think Aloud*. Esta decisão foi tomada em função da grande demanda de tempo e recursos que o método exige para sua realização e análise.

O protocolo foi executado individualmente no laboratório com o usuário sentado em uma mesa na qual diferentes imagens do mapa 3D de cada teste foram sendo mostradas. À medida que o usuário interagiu, ele ou ela narraram suas ações e impressões em voz alta.

Na avaliação por este método algumas perguntas que podem ser formuladas em relação à tarefa geográfica de navegação são (ver tabela 3):

- a) Reconhecimento e identificação de pontos de referência (perguntas 1 e 2): Onde estou? O que existe nas proximidades da minha posição? O que se destaca na paisagem?
- b) Estimar quantidades e a localização (perguntas 3 e 4): Por exemplo, quantas igrejas existem na imagem e onde elas se encontram?
- c) Percepção da posição relativa entre as feições e seus entornos e entre si, bem como a estimativa de distância entre estas referências (pergunta 5 e 6): Em relação a minha posição qual destes objetos é mais próximo? Qual o mais distante? Qual a minha orientação em relação a eles? Qual lado da edificação estou observando neste momento?
- d) Estabelecer o vínculo entre estes pontos através da organização dos pontos de referência em rotas (pergunta 7): Por exemplo, para direita após a terceira árvore, ou ao sul do bosque está o lago.
- e) Delimitação de uma distribuição (pergunta 11), ou seja, a organização espacial das feições e pontos de referência: Por exemplo, o pico a leste do rio delimita a bacia hidrográfica.

As informações obtidas por este tipo de análise qualitativa foram úteis para identificar quais os pontos de referência são utilizados no cumprimento da tarefa de navegação e como os usuários utilizam as perguntas geográficas selecionadas, ainda que não se deem conta da utilização. As frequências das

respostas em relação a cada atividade foram compiladas a partir das ações e verbalizações dos usuários gravadas.

Apesar do volume de trabalho, esta análise possibilitou identificar os pontos de referência efetivamente usados no cumprimento da tarefa de navegação e não somente aqueles informados no questionário. Estes pontos não são necessariamente os mesmos, pois na declaração verbal realizada após a conclusão dos testes, os usuários lembram, processam e aplicam seus esquemas mentais a posição e características.

7.2.1. Teste 1: Efeito do ângulo de abertura na percepção dos usuários

Este teste avaliou como a mudança do ângulo de abertura da câmera pode mudar a percepção da posição dos PRs e a estimativa das distâncias relativas. A hipótese é que um ângulo de abertura da câmera (FoV) da câmera, semelhante ao da visão humana e acrescida visão periférica, minimiza as distorções na percepção posicional de objetos da carta topográfica 3D. Estas distorções decorrem em parte do efeito no agrupamento de feições e da separação figura-fundo. Estes relacionamentos podem ser alterados na vista perspectiva em função do ângulo de abertura. A variação no ângulo de abertura modifica a escala ao longo da linha de visada e, como consequência, a identificação das mesmas é, supostamente, prejudicada.

O objetivo deste teste foi identificar se existem diferenças significativas entre a estimativa de distância variando os FoV da câmara nos mapas 3D. Para responder a este questionamento, este teste comparou o ângulo de abertura da câmera de 46°, proposto por Haeberling et al (2008), com variações $\pm 4^\circ$, na capacidade dos usuários em identificarem as feições representadas. Este valor é equivalente ao ângulo da visão periférica humana e a sua adição pode alterar a compreensão dos usuários pelo aumento ou redução do campo de visada.

Para o teste foi necessário comparar na representação 3D a estimativa de três caminhos representados por linhas no espaço e com a representação 2D. Portanto, foram geradas 3 imagens a partir da proposição tridimensional de pontos diferentes com as mesmas configurações para a câmera (posição e atitude), considerando as aberturas de 42°, 46° e 50° (figura 53).



FIGURA 53: EFEITO DA VARIAÇÃO DO ÂNGULO DE ABERTURA DA CAMERA
 FONTE: variação do FoV sobre modelo pelo Autor.

Estas imagens foram apresentadas em ordem aleatória. Os usuários analisaram cada imagem por cerca de um minuto e em seguida representaram o croqui em um dos gabaritos do formulário. Estas representações evidenciaram a estimativa posicional, topologia entre os PRs e o número de feições tomadas como PRs a partir da posição de observação. A área deste gabarito representa o mapa 3D a partir de um ponto de vista exocêntrico (vista de topo).

A existência de diferenças entre as representações 3D e entre a 3D e 2D levou a um novo questionamento. Qual a contribuição da malha regular, como uma metáfora da malha de coordenadas no mapa impresso, na estimativa das distâncias na representação 3D. Portanto um novo croqui foi realizado com a apresentação da imagem com FoV de 46°, porém com a malha semelhante à malha de coordenadas do mapa 2D (figura 54).

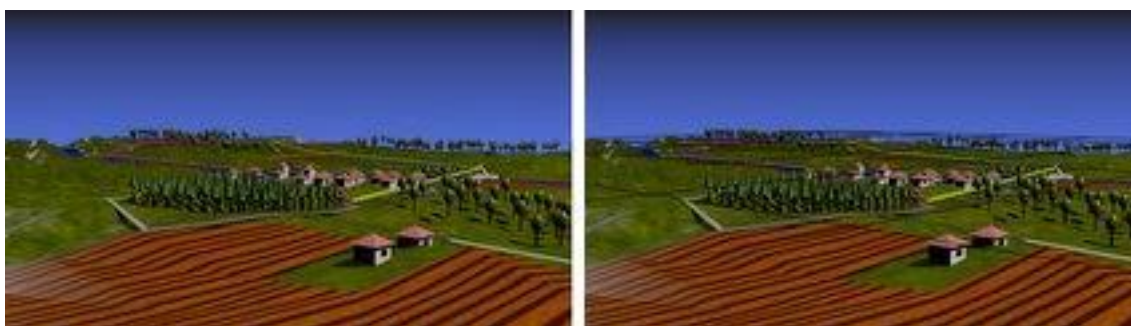


FIGURA 54: TESTE DE ESTIMATIVA DE DISTÂNCIA SEM E COM MALHA
 FONTE: Autor.

Outra situação possível para testes é a apresentação conjunta dos pontos de vistas egocêntrica e exocêntrica. Como observaram Schmidt e Delazari (2010), a exposição simultânea das duas representações permite ao participante do teste identificar e estimar mais adequadamente a posição das feições presentes nas imagens em relação à vista egocêntrica isoladamente.

Entretanto, parece haver maior demanda cognitiva e não foram identificados significativos ganhos nas condições do teste aplicado. Por essas razões esta opção não está sendo considerada nesta proposição.

A carta topográfica, com simbologia convencional impressa, foi apresentada somente ao final da sessão de testes, com a qual os participantes esboçaram um novo croqui. Admitindo a influência do conhecimento da área adquirida pela realização dos testes esta ainda é um instrumento de comparação adequado. O gabarito apresentado no questionário informa a posição do observador de modo esquemático e oferece uma grade na qual o participante pode estimar as posições dos pontos de referência. A estimativa posicional indica a influência do efeito do ângulo de abertura na percepção das posições e avaliação das distâncias relativas entre os pontos de referência.

O uso deste gabarito se justifica na avaliação das divergências das respostas entre as imagens com diferentes aberturas. Esta análise foi realizada com utilização do programa *MapAnalyst* com a transformação de Helmert com 4 parâmetros (duas escalas, uma rotação e uma não ortogonalidade), aplicada aos pontos desenhados para cada uma das imagens pelos participantes, em relação a sua posição na proposição de 46°. Com isso foram avaliadas a influência da alteração do ângulo de abertura na percepção dos participantes a partir de imagens com diferentes FoV. Dessa forma o teste possibilitou a estimativa da influência do ângulo de abertura da câmera na percepção da deformação do espaço, medidas através das descrições pictóricas da representação por cada participante.

7.2.2. Teste 2: Efeito das variáveis visuais na diferenciação dos pontos de referência

O teste 2 está dividido em 3 partes, denominados teste 2.1, 2.2 e 2.3. Em cada uma das imagens é solicitado ao participante uma tarefa que envolve várias das perguntas geográficas presentes na tabela 3. Estas perguntas passam pelo processo de reconhecimento e identificação de pontos de referência, estimativa de quantidades, localização e posição relativa, bem como o estabelecimento de vínculos entre estas referências. O que difere entre as imagens, além da variável visual adotada, são a posição e orientação da câmera.

A primeira variável visual testada foi tamanho. Uma região diferente daquela mostrada no teste anterior é apresentada ao usuário com a proposição geral da carta topográfica 3D. Desta é solicitado que o mesmo desenhe um croqui da área segundo a tarefa de navegação de um ponto a outro. Foi utilizada a instrução: “Siga a estrada a partir da igreja mais ao norte e dirija-se ao replantio de pinheiros mais ao sul”. Após a imagem modificada foi apresentada sob as mesmas condições. Ao final foi questionado ao participante se ele ou ela conseguiam identificar ordem ou hierarquia em alguma classe perceptível nesta imagem.

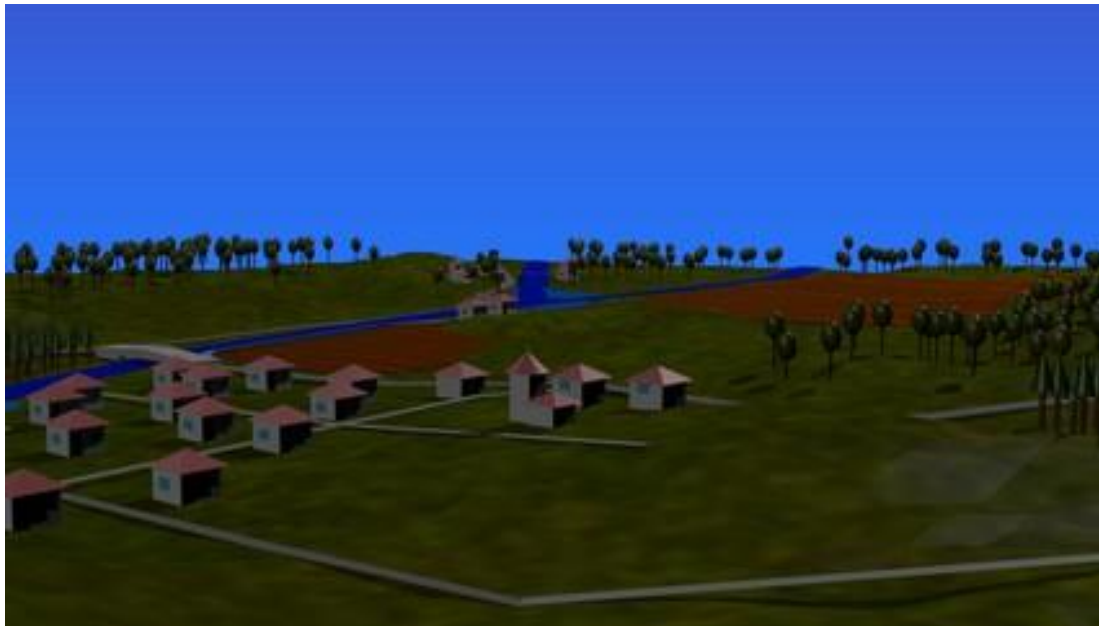
A segunda variável visual testada é o valor de cor. Uma região distinta às demais do mesmo mapa 3D é apresentada com as modificações na simbologia nas estradas e em algumas árvores próximas a posição de inflexão, conforme discutido na proposição da simbologia (ver item 7.3.2.a). Neste teste perguntou-se a descrição do caminho entre dois pontos visíveis no mapa caso a pessoa estivesse dirigindo. Novamente foram apresentadas duas imagens, uma com a simbologia padrão e uma com a simbologia com a variável visual aplicada e, após, foi questionado sobre hierarquia de classes e subclasses.

O procedimento foi repetido no terceiro teste cuja variável visual aplicada foi forma. As árvores foram modificadas se encontram nas proximidades da bifurcação do rio e as edificações ficam próximas a linha de visada da câmera. Neste caso, a pergunta sobre ordem não faz sentido por se tratar de uma variável nominal.

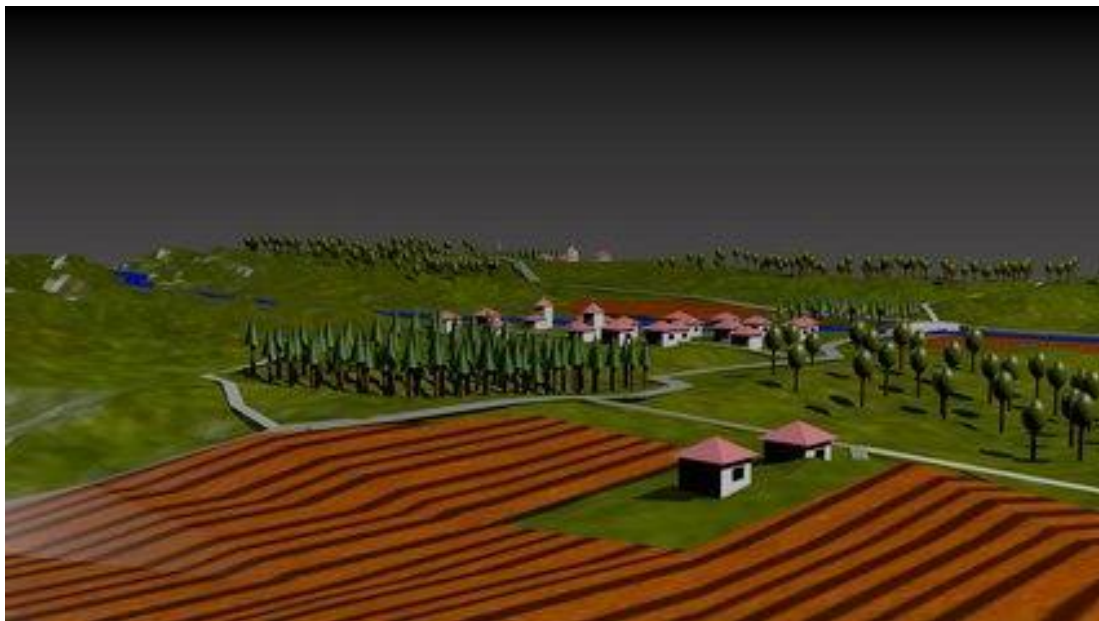
O objetivo destes testes foi identificar se as variáveis visuais, como aplicadas nestas proposições, são mais ou menos eficientes na identificação dos símbolos, observando o contexto de separação figura-fundo, na formação de agrupamentos e classes de símbolos, para seleção dos pontos de referência e posterior formação de rotas. O uso da proposição geral seguida da proposição modificada pode indicar influência ou adaptação da percepção segundo a variável visual adotada. Além disso, o contraste relativo pode ser alterado influenciando na seleção de alguns pontos de referência.

As áreas são diferentes para cada teste como forma de garantir um primeiro contato do participante com a representação e assim evitar que o conhecimento prévio da região influencie na resposta ao teste seguinte. A figura 55 apresenta as imagens com a diferenciação dos pontos de referência

utilizadas no teste. Uma injunção é que em todas as situações as configurações de câmera e iluminação são mantidas.



(a)



b)



c)

FIGURA 55: IMAGENS GERADAS COM DIFERENTES VARIÁVEIS VISUAIS: a) FORMA, b) VALOR DE COR, c) TAMANHO.

FONTE: o autor.

Os croquis desenhados nos formulários foram analisados em termos de quais feições foram representadas, sua estimativa posicional e distância relativa em relação ao croqui da carta topográfica. A identificação destes parâmetros permite, através da comparação com os mapas, identificar erros e acertos dos participantes em relação à autolocalização, rotação de mapa e identificação de feições.

Schmidt e Delazari (2010) observaram aspectos semelhantes ao analisar croquis com diferentes metáforas de navegação na interface do mapa. Neste contexto, a posição relativa, orientação das feições e caminhos escolhidos fornecem evidências dos processos cognitivos do participante. Os autores identificaram que, ao aplicar o protocolo *Think Aloud*, a exposição simultânea fez os participantes entrarem em introspecção com maior frequência que em outras situações de teste.

Além disso, o número de feições identificadas é influenciado por aspectos da separação figura-fundo e pela oclusão por outros elementos do mapa. Os testes indicaram como as variáveis visuais selecionadas para diferenciação influenciam este processo devido a posição da câmera e a exposição do símbolo em relação a outros símbolos ou em relação ao fundo.

Entende-se que nestes testes as feições descritas logo após o término do teste não são necessariamente as mesmas relatadas durante a execução dos testes, mas apenas as que residem na memória de curta duração do usuário. Por esta razão 12,5% da amostra (5 participantes) realizaram os mesmos testes utilizando a gravação de áudio conforme o protocolo *Think Aloud*.

Os registros em áudio do *Think Aloud* foram analisados para se identificar quais os pontos de referência foram utilizados para cumprir a tarefa e suas características. A análise destes dados demonstra se existe diferença entre os elementos da representação usados como pontos de referência e aqueles armazenados na memória de curta duração. Esta identificação é importante, pois as soluções de projeto em uma ou outra proposição podem levar a escolha de diferentes pontos de referência para a navegação. Além disso, o teste permite verificar quais os símbolos foram guardados na memória de curta-duração, quais as características foram mantidas e a ordem de armazenamento, este último quando analisado a gravação do protocolo *Think Aloud*.

A figura 56 apresenta o modelo da tabela utilizada para análise das gravações. Este modelo foi adaptado de van Elzakker (2004) e apresenta somente as questões relativas à navegação virtual selecionadas neste trabalho. Nas análises das gravações, posteriores às sessões de teste, foram analisadas as frequências de cada uma destas ações como forma de identificar como foi realizada a seleção de pontos de referência e a como ocorreu a passagem destes de locais para globais em função de cada etapa da navegação virtual.

Os itens relacionados na ficha de análise se referem a uma mescla das perguntas espaciais relacionadas à navegação selecionadas para esta pesquisa. Os dois primeiros fatores de análise se referem à forma utilizada na leitura do símbolo individual (conhecimento declarativo) e os demais fatores dizem respeito à distribuição dos símbolos na representação (conhecimento configuracional). As ações descritas na ficha fazem parte do conjunto de ações que o usuário realiza ao navegar utilizando mapas (conhecimento procedimental). Nesta análise o número de ocorrências em cada momento dos

testes ajudou a evidenciar as etapas do cumprimento das tarefas em cada fase de teste.

IDENTIFICAÇÃO:						DATA:		
CARTA TOPOGRÁFICA 3D		TAREFA						
MAPA TIPO: <input type="checkbox"/> Geral <input type="checkbox"/> VV Forma <input type="checkbox"/> VV Tamanho <input type="checkbox"/> Luminosidade		Leitura do mapa		Seleção dos pontos de referência		Autolocalização		Rota
		AÇÕES						
Identificação	Reconhecimento	Estimar quantidades	Contar objetos	Destacar objetos	Referencial local	Referencial global	Concatenação de PR	
FATORES								
Heterogeneidade								
Contorno								
Orientação								
Tamanho Relativo								
Contraste de cores								
Distribuição ou proximid.								
Unicidade (agrupamento)								
Oclusão								

FIGURA 56: MODELO DA FICHA DE ANÁLISE DAS GRAVAÇÕES DO THINK ALOUD

FONTE: o Autor.

Uma injunção dos testes é assumir que a solução cartográfica proposta é adequada, o que pode não ser verdadeiro considerando que esta pesquisa se encontra em um estado embrionário quando comparado às pesquisas com mapa convencional. Por isto, ao final da sessão de testes foi solicitado aos participantes a leitura do mapa convencional impresso e o desenvolvimento de um croqui como forma de evidenciar, primeiramente, se o participante tem problemas de leitura de mapas e, em segundo lugar, se a representação permite a comunicação de forma adequada. Apesar de ser a mesma região e a exposição parcial fornecida pelos testes anteriores, a troca de posição e a

adoção da vista exocêntrica, esta é uma importante etapa na validação dos resultados.

7.2.3. Resumo dos testes.

A tabela 6 apresenta um resumo das proposições de teste e seus critérios de avaliação.

TABELA 6: Parâmetros de teste.

FONTE: Autor.

TESTE 1		EFEITO DO ÂNGULO DE ABERTURA
Câmera		Posição: fixa Ângulo de abertura: dependente da situação de teste Ângulo de declinação: 15° (injunção do modelo) Orientação: fixa (injunção do teste) Elevação: fixa (injunção do teste)
Situação de teste:		Situação 1: FoV de 46° (Haeberling et al); Situação 2: FoV de 50°, representando a visão periférica; Situação 3: FoV de 42°, representando uma compressão do campo de visada.
Critério de análise		Número de pontos de referência e diferenças nas posições registrados nos croquis (<i>sketch-maps</i>) dos usuários entre as três imagens.
Tipo de análise		Análise de variância sobre pontos indicados nas 3 situações e em relação ao mapa topográfico impresso.
TESTE 2		EFEITO DAS VARIÁVEIS VISUAIS NA DIFERENCIAÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA
Câmera		Posição: fixa Ângulo de abertura: FoV de 46° Orientação: fixa (injunção do teste) Elevação: fixa (injunção do teste)
Situação de teste:		Teste 2.1.: mapa geral x mapa com VV forma Teste 2.2: mapa geral x mapa com VV tamanho Teste 2.3.: mapa geral x mapa com VV valor de cor
Critério de análise		Número de pontos de referência e diferenças nas posições registrados nos croquis (<i>sketch-maps</i>) dos usuários entre as três imagens.
Tipo de análise		Análise de variância sobre pontos indicados em 3D e em relação ao mapa topográfico impresso.

7.3. ANÁLISE DOS RESULTADOS

7.3.1. Caracterização da amostra

Os testes foram realizados entre os dias 31/10/2011 e 01/11/2011, e 16/12/2011 e 22/12/2011 no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas da UFPR e entre os dias 28/11/2011 e 01/12/2011 no Programa de Pós-Graduação em Geografia da UFU. No total participaram dos testes 43 pessoas, sendo 22 participantes da UFPR e 21 participantes da UFU.

A primeira parte dos testes foi a caracterização do grupo de voluntários através do preenchimento de um formulário. Seguindo a proposição apresentada no capítulo 7, as perguntas do questionário estão embaralhadas como forma de se reduzir uma possível indução nas respostas. Assim, existem 5 partes na caracterização dos participantes dos testes.

As primeiras questões (de 1 a 10) buscam entender a formação acadêmica e profissional do participante além de identificar problemas de visão. O segundo grupo de questões do formulário se refere ao hábito de uso do mapa e conhecimento de construção do usuário. Este grupo é formado pelas perguntas 11, 12, 15, 18, 26 e 27. O terceiro grupo de questões é sobre navegação virtual e real e compreende as perguntas 13, 14, 22, 28, 29, 30 e 31. Existem dois outros grupos que se preocupam com o conhecimento em informática (questões 16 e 17) e as preferências pessoais (questões 23, 24 e 25).

O primeiro conjunto de questões indica que, de maneira geral, o grupo de teste pode ser considerado homogêneo. Os participantes são em sua maioria mestres ou doutores (54%), sendo o restante composto por mestrandos (21%) e uma fração de estudantes de graduação em fase de conclusão. Salienta-se que os estudantes de graduação selecionados são bolsistas de iniciação científica nas áreas de cartografia e SIG. O grupo se caracteriza por uma parcela de 60% com experiência profissional e uma porcentagem de participantes que não atuam ou nunca atuaram como cartógrafos (40%). A figura 57 apresenta as características dos participantes.

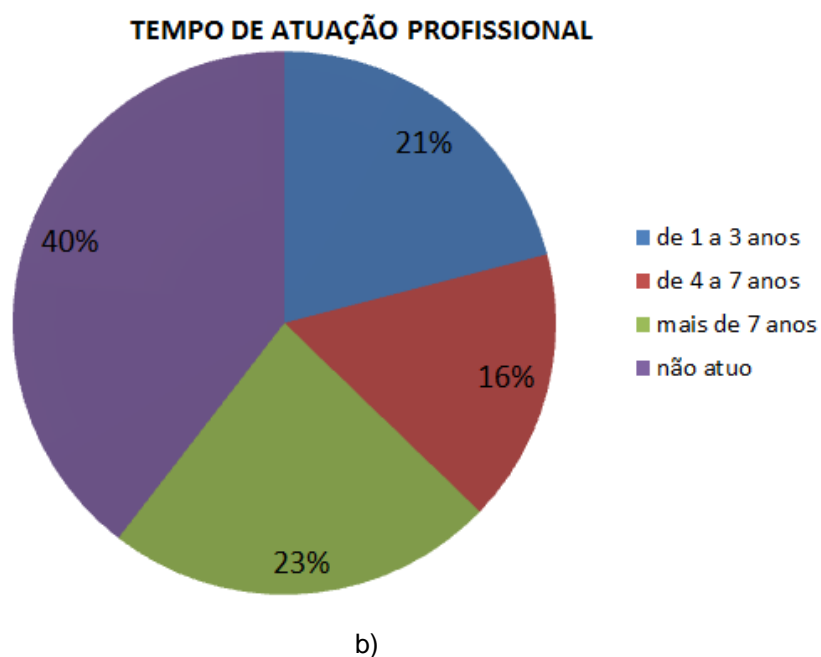
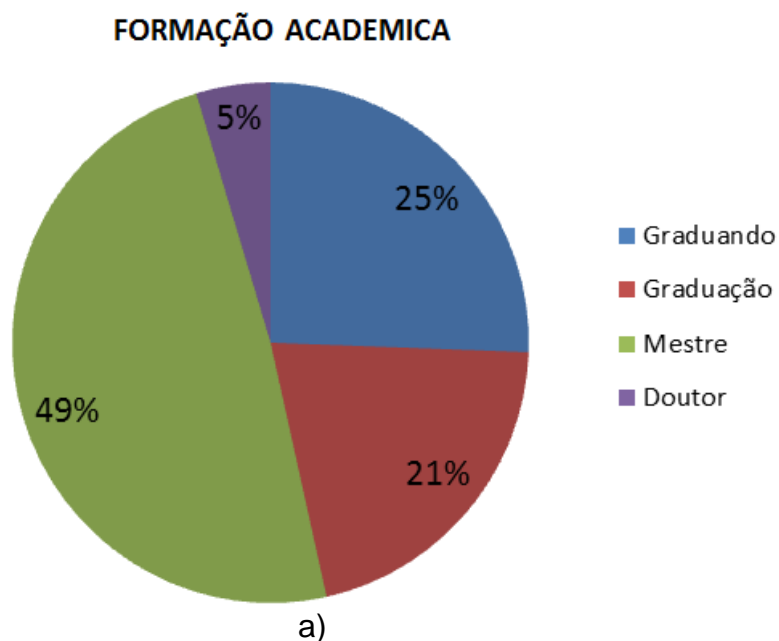


FIGURA 57: a) CARACTERIZAÇÃO DO GRUPO DE TESTE e b) TEMPO DE ATUAÇÃO PROFISSIONAL

FONTE: Autor

O grupo de perguntas que trata do uso de mapas e do conhecimento de projeto cartográfico se dirige em especial aos geógrafos por sua tradição de produzirem mapas para uso pessoal apenas. Dessa forma 86% afirmaram usar mapas com muita frequência, porém só ocasionalmente constroem estes mapas pessoalmente (83,7%). Outra característica é que os mapas são geralmente digitais sendo utilizados atlas interativos (11,6%), programas CAD

(18,6%) e SIG (46,5%) (figura 58). Apesar disso, a maioria dos participantes afirma ter pouca experiência com produção de cartas topográficas, sendo sua produção concentrada em mapas temáticos. A frequência com que o fazem também é relativamente baixa, apenas 42% ocasionalmente produzem mapas.

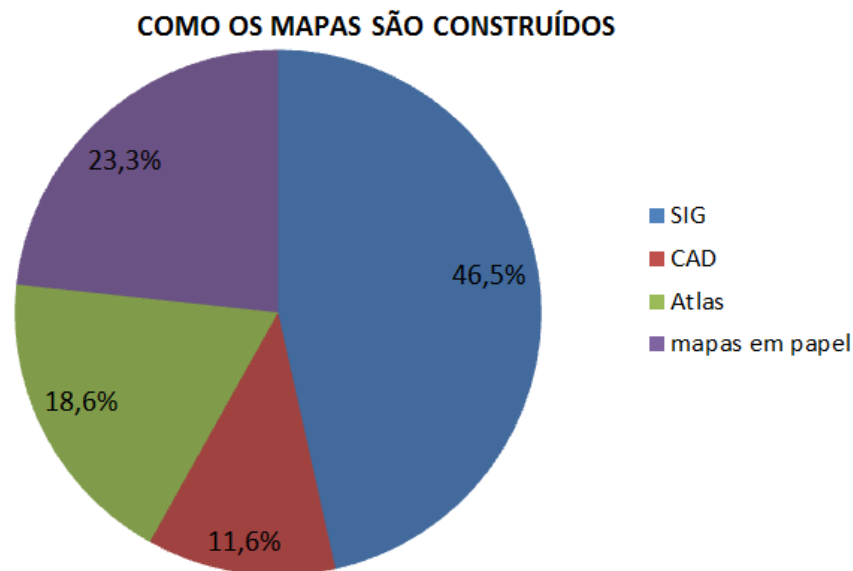


FIGURA 58: TIPOS DE PROGRAMAS PARA CONSTRUÇÃO DE MAPAS UTILIZADOS PELOS PARTICIPANTES

FONTE: Autor

O terceiro grupo de questões se refere aos hábitos e experiência com navegação em ambientes reais dos participantes. No grupo amostral quase a totalidade afirmou conhecer as tarefas de localização e navegação usando mapas (95%), ainda que 32,5% tenha afirmado encontrar dificuldades em ler mapas topográficos ou usá-los para navegação. Nas perguntas referentes ao deslocamento, 76,8% fazem caminhadas frequentes e 90,6% costumam dirigir com muita frequência ou cotidianamente. Além disso, ao se deslocar 86% dos participantes afirmaram que costumam variar o caminho com certa frequência.

Frente à discussão apresentada no capítulo 5, esta frequência indica que estas pessoas estejam acostumadas a ter de modificar suas representações internas frente a necessidade de selecionar novos pontos de referência. Além disso, é possível que o hábito de navegar por caminhos diferentes influencie as representações internas tornando-as mais flexíveis e com menos deformações, uma vez os participantes precisam acessar menos a

memória de longo prazo, sendo expostos a novos pontos de referência com maior frequência.

Essa informação é um dos pontos de partida para a análise dos croquis. Na sessão 8.3.2.b são apresentadas as discussões referentes aos croquis produzidos durante os testes e os possíveis relacionamentos com a caracterização. A figura 59 apresenta a execução dos testes.

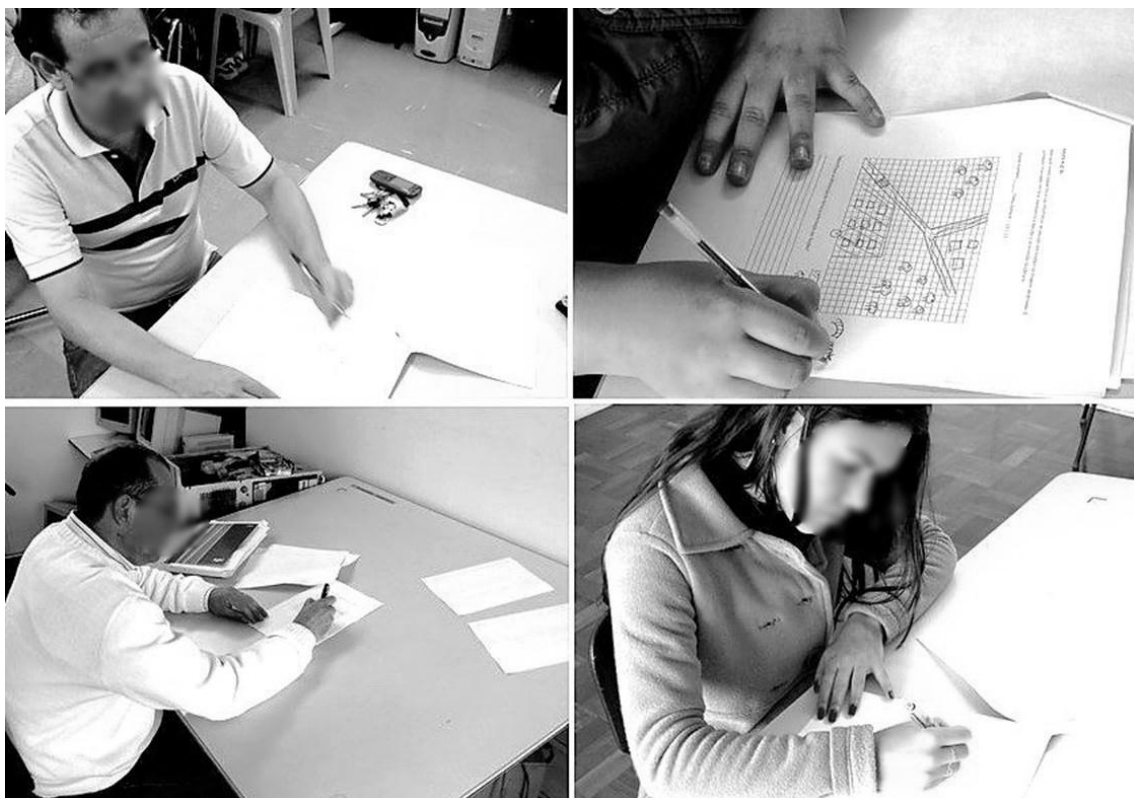


FIGURA 59: PARTICIPANTES DOS TESTES NA UFU E UFPR
FONTE: Autor

7.3.2. Análise dos testes

a. Uso do *Blender* na cartografia

O processo construtivo utilizado nesta proposição será discutido frente às dificuldades encontradas. O programa *Blender* 2.56 foi desenvolvido para animação e computação gráfica. Apesar de ser baseado em *OpenGL*, que é uma tecnologia desenvolvida para representações tridimensionais, o seu uso na cartografia apresenta uma série de dificuldades, como a manutenção da escala dos dados originais, os processos construtivos aplicados à simbologia e a dificuldade de interação com o programa em si.

O programa tem suporte para arquivos TIN, por isso ao inserir os dados do MDT foi necessário criar uma imagem de sombras (níveis de cinza) em uma nova interpolação como malha regular. Porém, independente da resolução desta imagem, o espaçamento da malha que será trabalhada para o MDT é definida no programa *Blender*. Essa definição se inicia inserindo um plano o qual será subdividido várias vezes pela ferramenta *Subdivide* sendo a imagem de tons de cinza aplicada como textura. Neste momento foi necessária a definição de uma escala de conversão como forma de manter a escala aproximada da base de dados. O valor desta escala de conversão foi obtido por tentativa e erro até se obter um valor próximo do original da base cartográfica. Este valor foi determinado através da comparação das distâncias horizontais medidas no MDT do *Blender* e do *ArcGis*.

Esta determinação requer atenção e cuidados adicionais para sua aplicação na cartografia, pois através dela também se determina a escala de todos os demais símbolos. O *Blender* cria o MDT a partir de um processo de extrusão (*displacement*) aplicado ao eixo Z. Apesar da proposição não considerar a aplicação de exagero vertical, foi necessário aplicar o mesmo valor de escala de conversão a este componente de extrusão para se obter o MDT com as proporções verticais adequadas.

Outro problema encontrado é a limitação das vistas que o programa oferece na manipulação da cena e importação de dados. Apesar da grande flexibilidade na manipulação das figuras geométricas e seus elementos (pontos, retas e planos), a dificuldade na adequação destes elementos ao MDT gerou alguns equívocos na simbologia, como por exemplo, partes das estradas pareciam flutuar sobre o MDT. Entretanto não foram relatados ou identificados indícios de que isso tenha prejudicado o desenvolvimento dos testes, senão pela estética (figura 60).



FIGURA 60: EXEMPLO DE POSICIONAMENTO DE FEIÇÕES NÃO ADEQUADO
 FONTE: Autor

Além disso, o programa não permite a importação de dados vetoriais diretamente de programas CAD ou de SIG. Dessa forma todas as feições acima do MDT (casas, estradas, árvores, rios e uso do solo) tiveram de ser construídas e posicionadas individualmente dentro do programa. Estas dificuldades aumentaram o tempo da construção da carta 3D para aproximadamente 400 horas.

b. Resultados dos croquis

b.1. Resultados do teste de variação do ângulo de abertura (1º Teste)

A figura 61 apresenta a solução do teste de abertura da câmera (teste 1). Neste teste os participantes, após observar três imagens com diferentes ângulos de abertura, desenharam um croqui no qual identificaram qual era o caminho mais curto. A figura 61 é o equivalente na cartografia convencional do mapa 3D utilizado nos testes. Esta imagem foi utilizada como controle para as análises do primeiro teste. Salienta-se que a precisão geométrica foi mantida a despeito das dificuldades apresentadas no item 8.3.2.a.

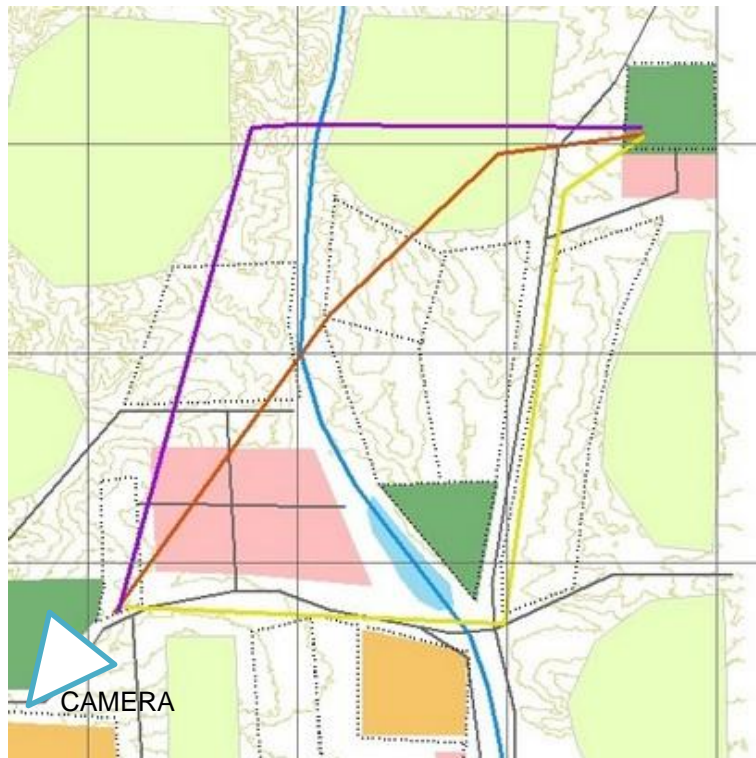


FIGURA 61: IMAGEM DA CARTA TOPOGRÁFICA DA REGIÃO DO TESTE 1
FONTE: Autor

Os resultados obtidos indicam que a variação de $\pm 4^\circ$ no ângulo de abertura das imagens não altera a percepção dos participantes de forma significativa. Estas alterações apenas tornam-se importantes em grandes variações angulares. Entretanto, o número de acertos no teste 1 foi significativo a 0,06 ($p < 0,053434$), ou seja, do total de participantes, 39 acertaram a resposta ao afirmar que o menor caminho é o alaranjado, 2 afirmaram ser o amarelo e 2 afirmaram ser o caminho magenta.

O teste também constatou que aproximadamente 85% dos participantes preferem a imagem com o ângulo de abertura de 42° para tomar a decisão de qual caminho é o menor. Este resultado se contrapõe ao valor de 46° obtido por Haeberling et al (2008) em testes com especialista suíços. Entretanto, dada às mudanças perspectivas das imagens usadas neste teste, era esperado que houvesse divergência entre as respostas do teste e a preferência dos usuários.

A segunda parte do teste 1 foi avaliar a preferência dos usuários em relação à presença da malha de coordenadas e a possível alteração nos croquis da etapa anterior. Quarenta participantes preferiram o uso da grade baixa, 3 afirmaram que a presença poluiu a representação e ninguém optou pela representação com a grade alta.

Esta preferência pode ser explicada pela ação dos participantes ao usarem os intervalos da malha como um apoio visual, contando os intervalos da grade. Como resultado dos 43 participantes, 7 optaram refazer os croquis. Algumas destas mudanças foram importantes como alterações da orientação de todo croqui, ou apenas para partes dele, e mudanças na posição ou no número de pontos de referência dos caminhos representados. Entretanto, a maioria decidiu não refazer os croquis por entender que a resposta ao teste não seria alterada, ou seja, usou a contagem dos intervalos da malha para confirmar que o caminho escolhido era o menor.

A figura 62 apresenta o resultado de duas análises conduzidas com as gravações provenientes do teste com *Think Aloud* sobre o teste 1. O objetivo foi o de identificar detalhes da percepção dos símbolos e complementar o entendimento dos fenômenos cognitivos para processamento e armazenamento da informação espacial através das perguntas geográficas apresentadas no formulário. Na figura 62, as tabelas do participantes 18 e 27 para primeiro o teste estão preenchidas com 1, 0, '-' , sendo 1 para ocorrência positiva, 0 para ocorrência negativa e '-' para não ocorrência (não percebida). Estes valores são anotados no cruzamento dos fatores (conhecimentos declarativo e configuracional) com as ações (conhecimento procedural) e tem o objetivo de expressar se, através da verbalização do participante, é possível identificar a ocorrência de uma ação e quando ela aconteceu.

IDENTIFICAÇÃO: P10 T1.1					DATA: 01/11			
CARTA TOPOGRAFICA 3D		TAREFA						
MAPA TIPO: <input checked="" type="checkbox"/> Geral <input type="checkbox"/> VV Forma <input type="checkbox"/> VV Tamanho <input type="checkbox"/> Luminosidade		Leitura do mapa		Seleção dos pontos de referência		Autolocalização		Rota
		AÇÕES						
		Identificação	Reconhecimento	Estimar quantidades	Contar objetos	Destacar objetos	Referencial local	Referencial global
								Concatenação de PR
FATORES								
Heterogeneidade			1	1		1		
Contorno			0					
Orientação			0				1	0
Tamanho Relativo			1	1				1
Contraste de cores		1				1		
Distribuição ou proximidade					1			
Unicidade (agrupamento)					0			
Oclusão		1	1	1				

a)

IDENTIFICAÇÃO: P27 T1.1					DATA:			
CARTA TOPOGRAFICA 3D		TAREFA						
MAPA TIPO: <input checked="" type="checkbox"/> Geral <input type="checkbox"/> VV Forma <input type="checkbox"/> VV Tamanho <input type="checkbox"/> Luminosidade		Leitura do mapa		Seleção dos pontos de referência		Autolocalização		Rota
		AÇÕES						
		Identificação	Reconhecimento	Estimar quantidades	Contar objetos	Destacar objetos	Referencial local	Referencial global
								Concatenação de PR
FATORES								
Heterogeneidade			1			1		
Contorno		1		1		1		
Orientação							1	0
Tamanho Relativo						1		0
Contraste de cores		1						
Distribuição ou proximidade						0		
Unicidade (agrupamento)						0		
Oclusão		1	1	1				

b)

FIGURA 62: FICHAS DO TESTE 1 COM O PROTOCOLO THINK ALOUD
FONTE: Autor

Para exemplificar a figura 62, pode-se observar que o participante 18 verbalizou a identificação por contraste de cores. Essa ação (verbalização da percepção de que havia algum elemento no fundo da cena) foi realizada com o céu azul, pois o baixo contraste na imagem com o céu cinza não permitiu a visualização deste ponto de referência. Em seguida, o leitor do mapa fez referência que os elementos identificados eram algumas árvores próximo ao ponto de encontro dos caminhos. Em sua verbalização este participante descreveu as características dos símbolos de maneira genérica, o que evidencia o reconhecimento por heterogeneidade e pela forma.

Entretanto, o participante 18 durante este teste usou a estimativa de posição dos pontos de referência em relação ao ponto inicial dos caminhos no cruzamento das estradas. Em outras palavras, não conseguiu passar do referencial local para o global (1 e 0 na terceira linha da tarefa de autolocalização) e, portanto, este ponto se tornou o ponto de amarração do mapa 3D com o croqui. Como consequência ao invés de tentar localizar o norte na representação, as orientações e posição das feições representadas foram referidas à linha de visada do mapa 3D. Em relação à carta topográfica a orientação da linha de visada é aproximadamente noroeste. Este participante contou (ocorrência positiva = 1) os objetos próximos ao ponto inicial do caminho, como casas e árvores, e procurou identificar as suas distribuições por área. Mesmo assim, não foi capaz de perceber as casas ou árvores como uma classe de feição ao invés de elementos isolados (ocorrência negativa = 0). Estas feições foram destacadas principalmente em função da heterogeneidade e contraste de cores.

A maioria dos participantes do teste *Think Aloud* não percebeu mudanças na distribuição espacial das feições representadas em função da presença da grade. Contudo, no teste sem este artifício, alguns expressaram sentir dificuldades de referenciar os elementos da imagem, pois procuravam realizar algum tipo de medição para determinar qual o caminho mais curto. Na segunda parte do teste, com a presença da grade, foi possível perceber que a mesma se torna importante para comparação de distâncias e distribuição espacial, apesar de piorar a visualização. Os participantes afirmaram ter menos confusão sobre o posicionamento relativo dos símbolos quando a grade está presente, desde que próxima ao MDT. Mesmo assim, todos alegaram que a

grade polui a representação. Quando a grade está em posição alta o efeito de comparação é perdido e a visualização dos símbolos prejudicada. Além disso, alguns participantes (dois) alegaram dificuldades em desenhar o croqui em planta após a representação perspectiva.

b.2. Resultados do teste de uso da variável visual valor de cor (2º Teste)

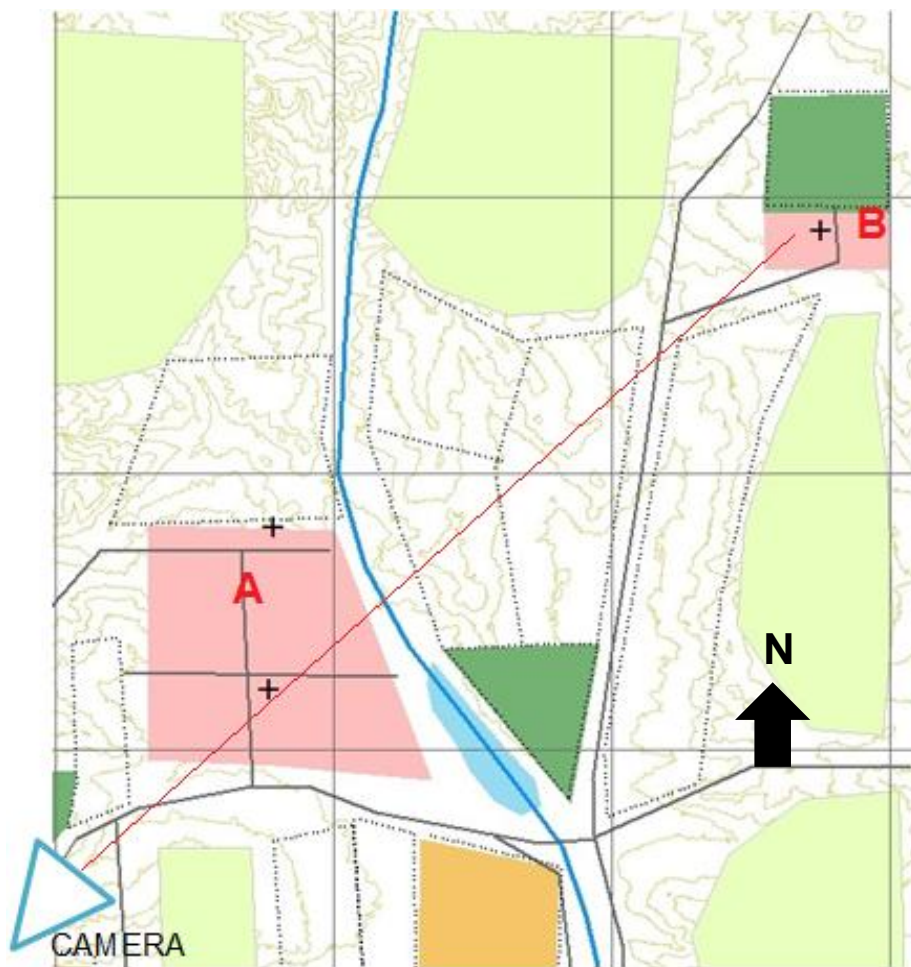
O segundo teste realizado avaliou a influência do valor de cor, aplicado à diferenciação dos pontos de referência, na correta identificação dos pontos de referência da representação. A figura 63a apresenta a solução do teste na carta topográfica. A tarefa a ser cumprida neste teste era estabelecer um caminho que partisse da igreja mais a oeste até a igreja mais ao norte. Para o cumprimento desta tarefa era fundamental a autolocalização, a auto orientação e a correta identificação dos PRs, neste teste as igrejas. A figura 63b apresenta um croqui de um dos participantes.

Os resultados deste teste foram os que obtiveram o maior número de acertos (95,4%) em relação ao número de pontos de referência identificados e a sua topologia. Na figura 63b é possível perceber que o participante identificou corretamente as duas igrejas na área urbana, as principais estradas, a ponte, o rio e a igreja na área rural. Também é possível perceber que a posição relativa das duas igrejas na área urbana foi percebida adequadamente assim como a estrada secundária mais ao norte e a estrada principal ao sul. O desenho apresenta o rio e as estradas linearizados e as curvas como ângulos quase retos. Isto demonstra a aplicação de simplificações realizadas pelos esquemas de conhecimento de modo a armazenar a informação básica rapidamente. Estas linearizações podem ser resultado da curta exposição do mapa durante os testes. A orientação geral do croqui está bastante aproximada, mesmo a imagem de teste ter a linha de visada orientada a noroeste. Isto indica que o participante conseguiu perceber a orientação geral ainda que não de maneira consciente.

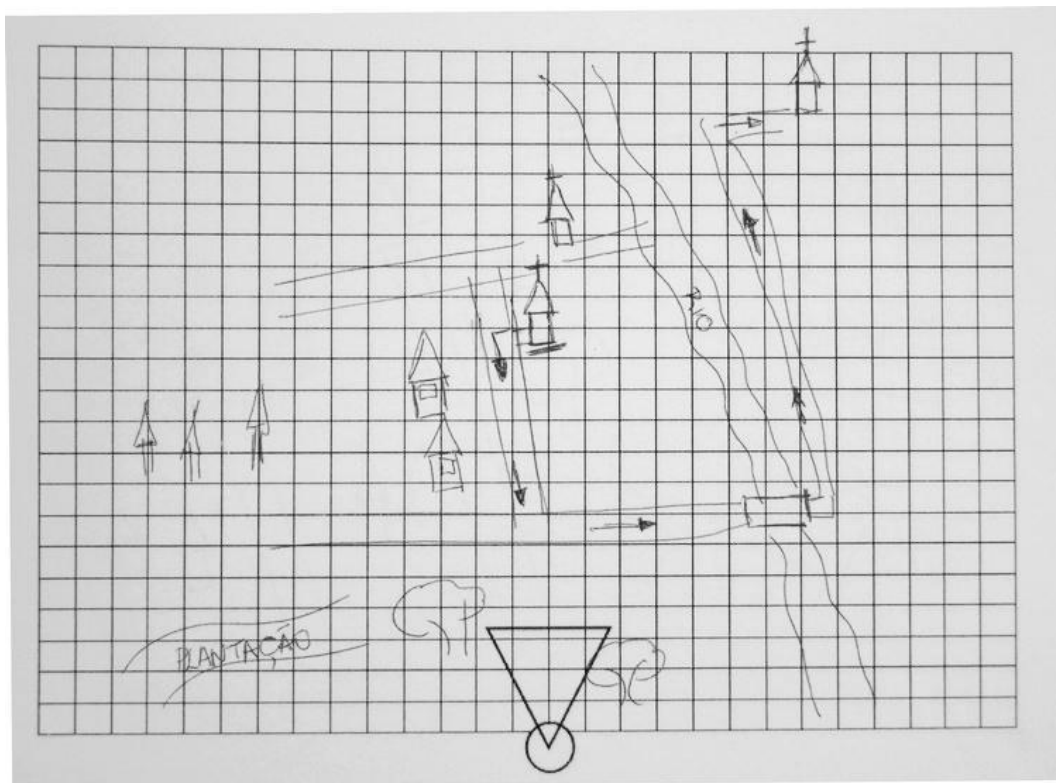
De maneira geral, a diferenciação por valor de cor é fortemente influenciada pela luminosidade da cena provida pela cor do céu, pois a capacidade dos participantes em identificar os elementos ao fundo da cena é bastante alterada. Durante os testes 17 participantes (39,5%) não identificaram

a igreja mais ao norte (resposta da tarefa do teste) na imagem com o céu cinza. Como consequência, ficaram perdidos.

A luminosidade do céu também influenciou a percepção das hierarquias nas classes com a variável valor de cor. Em relação à hierarquia dentro das classes percebidas na imagem com céu azul, somente 32% dos participantes informaram reconhecer esta variável visual na representação das estradas. Além destes, 11,6% afirmou reconhecer a hierarquia aplicada às estradas, mas não sabia explicar porque ou não se lembravam da simbologia o suficiente para dizê-lo.



a)



b)

FIGURA 63: a) IMAGEM DO TESTE 2 E b) CROQUI COM A RESPOSTA COM CORRETA IDENTIFICAÇÃO

FONTE: Autor

Em relação ao teste com *Think Aloud* três dos participantes reconheceram o valor de cor como variável visual na representação das estradas. Entretanto, nos testes com este protocolo, os mesmos três participantes afirmaram que a hierarquia visual influenciou sua decisão sobre qual caminho adotar como solução do teste. Os outros 2 participantes não sabiam informar ou não reconheceram a hierarquia nas classes. Os problemas encontrados na identificação e reconhecimento das feições foram semelhantes aos relatados acima.

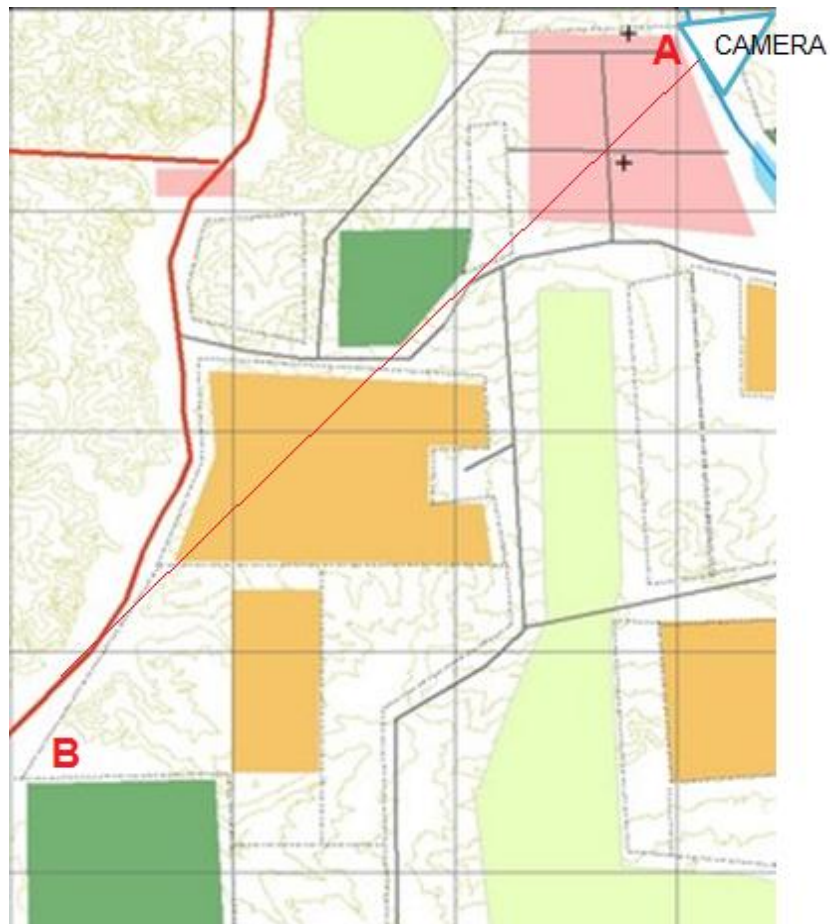
b.3. Resultados do teste de uso da variável visual tamanho (3º Teste)

O terceiro teste avaliou a capacidade da variável visual tamanho na correta identificação de feições. Este teste apresentou uma dificuldade adicional, a linha de visada estava apontada para sudoeste. A variável tamanho foi utilizada na diferenciação das árvores próximas aos pontos de mudança de rota (curvas e cruzamentos de estradas) e na largura das estradas, porém mantendo os mesmos valores de cor da proposição original.

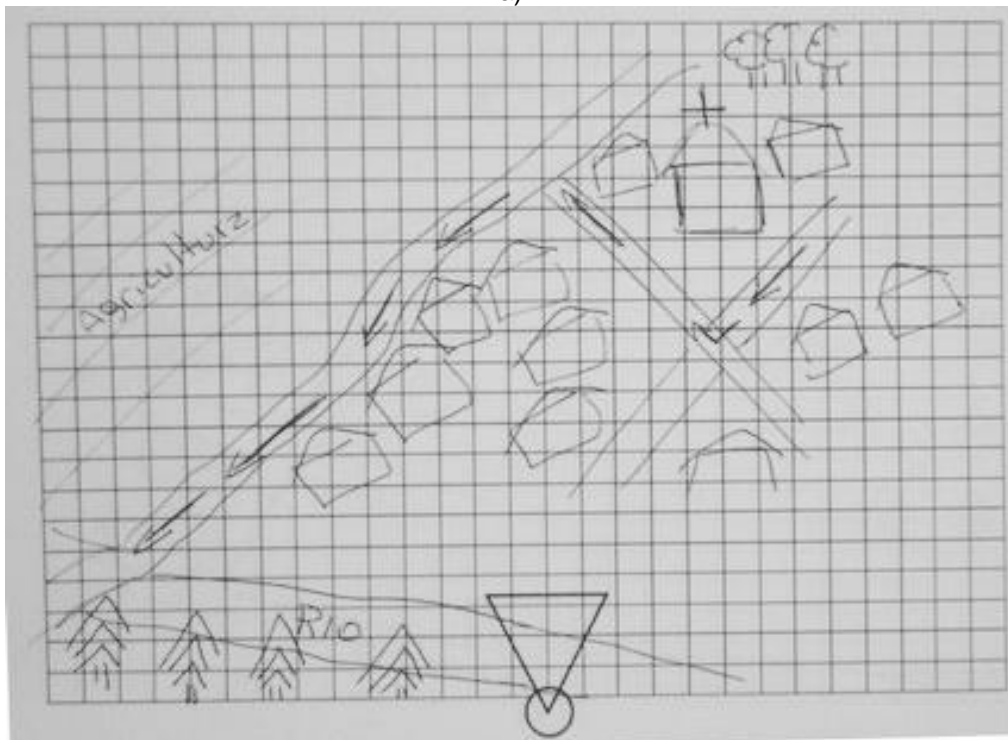
A figura 64a apresenta a solução do teste na carta topográfica convencional. A tarefa neste teste era informar um caminho que partisse da igreja mais ao norte até o pinheral que ficava mais ao sul (caminho de A até B). Na carta topográfica percebe-se quatro possíveis soluções para a tarefa. Como forma de atender as sugestões de Vinson (1999) e as discussões da proposição, as árvores mais próximas aos cruzamentos de vias foram diferenciadas pelo tamanho. A diferenciação somente pela altura não é adequada neste caso, pois em uma atividade anterior à etapa dos testes foi verificado que as pessoas não percebem variações somente em altura. Em razão disso, o raio das figuras geométricas que compõem as árvores foram alterados proporcionalmente à alteração em altura.

Os resultados mostram que 17 pessoas (40%) informaram corretamente um dos caminhos possíveis e 26 pessoas (60%) erraram a resposta devido a erros de orientação. Exemplos das respostas são apresentados na figura 64b e 64c, respectivamente ao caminho errado e caminho correto.

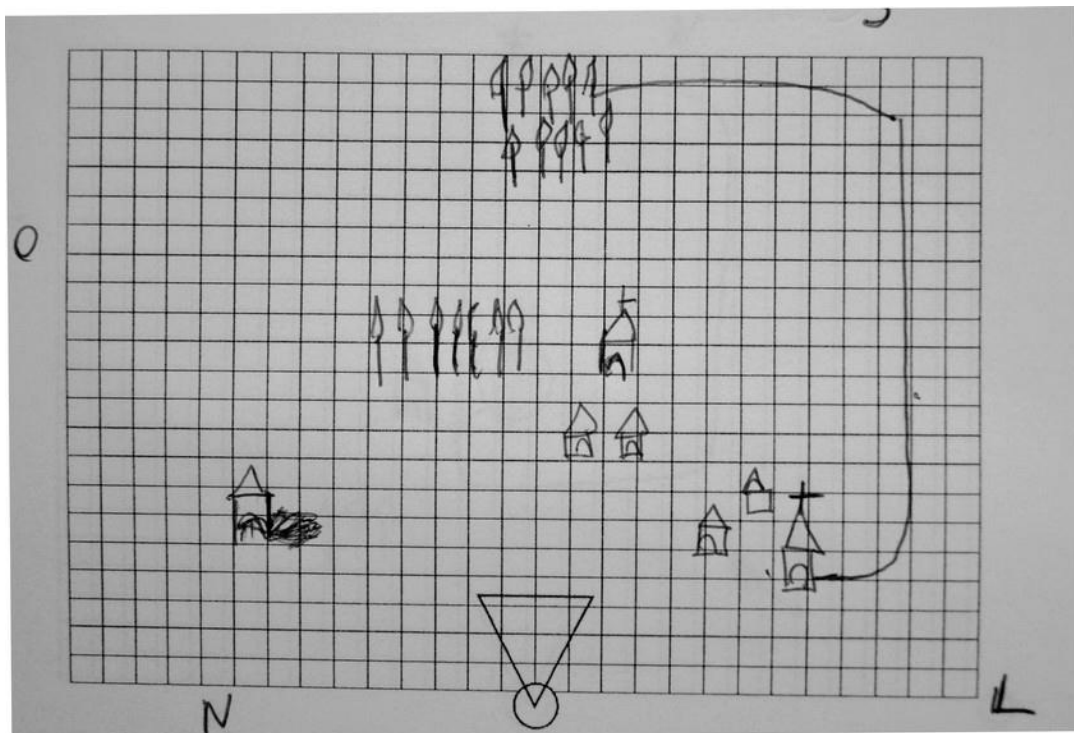
Na figura 64b, o participante não identificou a orientação da câmera e, portanto, não conseguiu se orientar adequadamente. Como consequência a sua rota sai da área urbana e segue para o sentido errado através da ponte. Porém, devido ao ponto de partida da rota desenhada no croqui, não se deve considerar a não percepção do pinheral (solução do teste) ao fundo da cena como justificativa desta resposta. A rota informada neste croqui inicia-se na igreja mais ao sul e à esquerda da imagem. Nesta figura a igreja que está mais ao norte e à direita na imagem do teste não está representada. Considerando que na imagem de teste a disposição das duas é evidente, conclui-se que se trata de um erro de orientação.



a)



b)



c)
 FIGURA 64: a) MAPA TOPOGRÁFICO COM A SOLUÇÃO DO TESTE, b) CROQUI COM ERRO DE ORIENTAÇÃO E c) CROQUI COM ORIENTAÇÃO CORRETA
 FONTE: Autor

Na figura 64c, o participante identifica a posição da sombra em relação à uma das casas representadas e informa a posição dos pontos cardeais. Neste croqui a posição relativa das igrejas na área urbana está claramente identificada e é indicado o caminho secundário que parte da igreja mais ao norte na carta topográfica convencional.

Apesar de 12 participantes (28%) reconhecerem a variável visual tamanho, especialmente quando aplicada na representação das estradas, nenhum registro foi feito da aplicação em relação às árvores. Uma justificativa é que as instruções da tarefa induz o participante a avaliar rotas pelas estradas. Além disso, o efeito perspectivo e as configurações da cena tem forte influência na percepção desta variável visual e consequentemente na hierarquia das classes, como as estradas. Isto demonstra a dificuldade em se usar esta variável visual em mapas 3D. Os resultados deste teste indicaram os piores resultados para a orientação geral dos croquis.

Nos testes Think Aloud os participantes expressaram perceber poucas diferenças entre imagens e a identificação da variação em tamanho não foi reconhecida adequadamente.

b.4. Resultados do teste de uso da variável visual forma (4º Teste)

Os croquis representados com esta variável visual obtiveram os piores resultados na identificação dos pontos de referência, pois os participantes não puderam reconhecer as alterações propostas na simbologia, mesmo quando a alteração estava em primeiro plano (figura 65). Apenas cinco leitores (11,6%) identificaram mudanças de forma nos telhados das igrejas ou nas árvores, apesar destes PR estarem concentrados na linha de visada. Além disso, os erros no número de feições representadas e a topologia apresentaram maiores distorções do que nos mapas com outras variáveis visuais.



FIGURA 65 IMAGEM DE TESTE COM PONTOS DE REFERÊNCIA IDENTIFICADOS
FONTE: Autor

A figura 66 apresenta o croqui desenhado por um dos participantes do *Think Aloud*. Este participante não identificou a variável visual no teste, apesar de ter realizado o croqui com o maior número de detalhes entre todos os participantes.

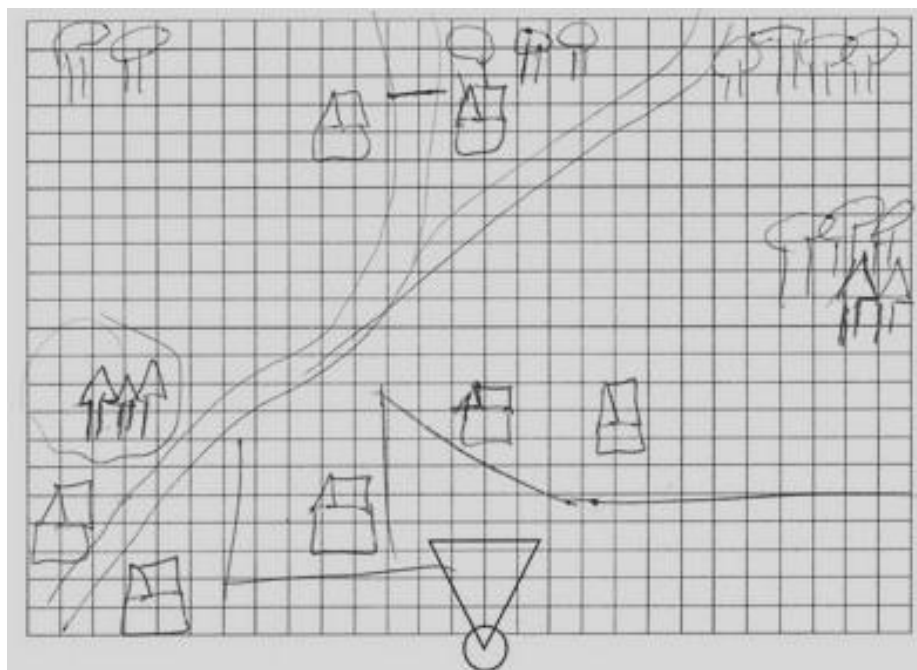


FIGURA 66: CROQUI DO MAPA 3D COM VARIÁVEL VISUAL FORMA
 FONTE: Participante do teste

Em todos os testes os participantes foram questionados sobre a percepção de diferenças na simbologia. De todos os entrevistados somente 21 identificaram corretamente uma ou mais variáveis visuais aplicadas aos mapas. A figura 67 apresenta a contagem de ocorrências.

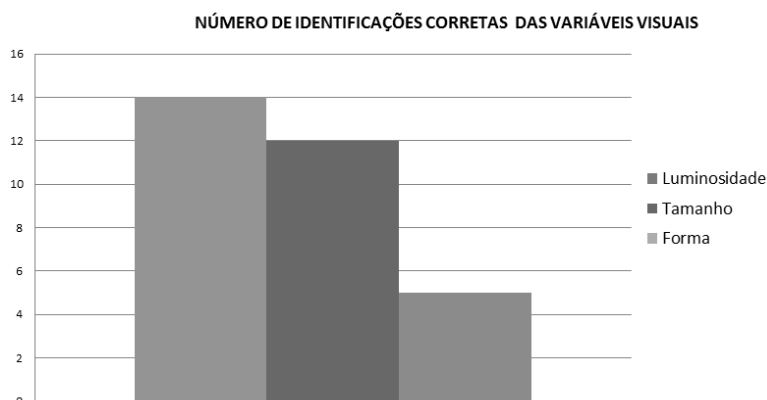


FIGURA 67: NÚMERO DE VARIÁVEIS VISUAIS CORRETAMENTE IDENTIFICADAS
 FONTE: Autor

c. Análises dos resultados

Uma das primeiras questões que se destacam nas análises dos croquis é que 40 participantes (93%) desenharam o mapa conforme o ponto de vista da cena, ou seja, nas vistas perspectivas os pontos de referência acima do terreno foram identificados. Quando o croqui da carta topográfica convencional foi

solicitado, os pontos de referência apareceram em vista exocêntrica. A figura 68 apresenta o exemplo de um croqui informado no teste com a variável visual forma.

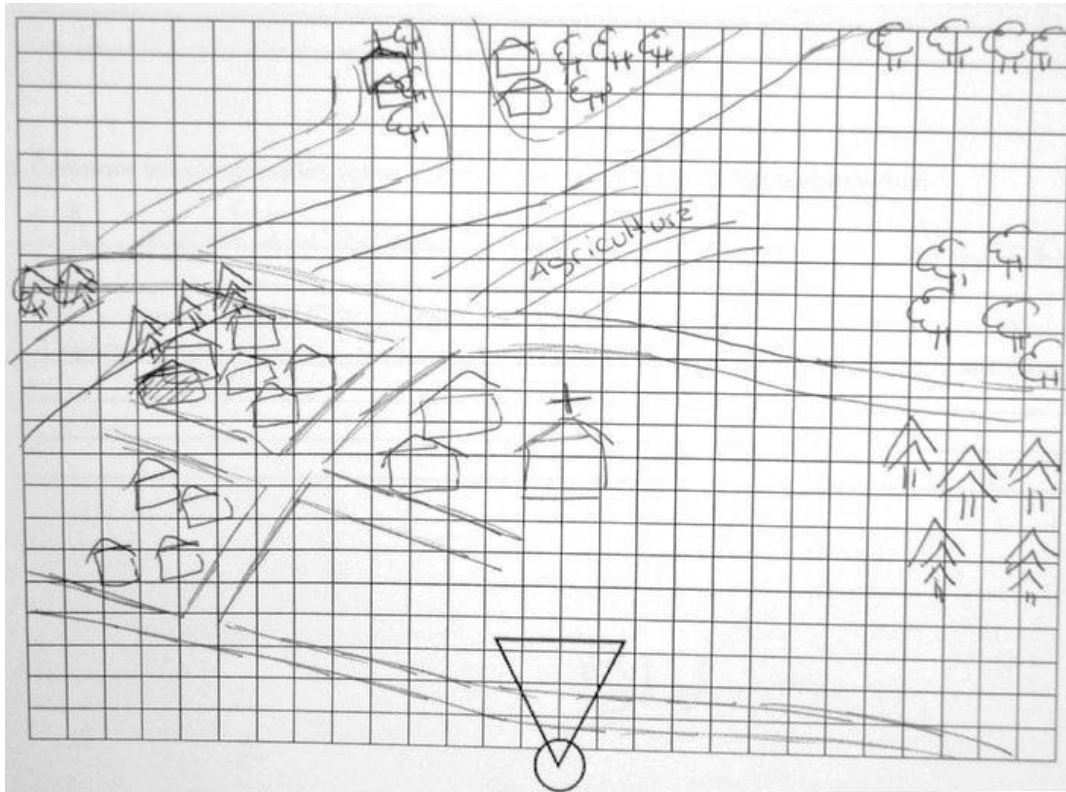


FIGURA 68: CROQUI DO MAPA 3D COM REPRESENTAÇÃO EM PERSPECTIVA
FONTE: Participante do teste

Ao observar a figura acima é possível perceber que as feições na superfície do MDT são tratadas como parte do MDT e, por isso, retratadas pelas suas projeções ortogonais. Tendo em vista o grau de especialidade da comunidade usuária selecionada para o teste, o número de ocorrências se destaca ainda que não seja estatisticamente significativo ($p < 0,156038$).

Esse resultado contrapõe as afirmações de Darken e Sieber (1993) e de Vinson (1999) (ver capítulo 5) que afirmam que não existe problema na passagem da vista egocêntrica para a exocêntrica ao se realizar a navegação com mapas. Em outras palavras, os autores afirmam que não existe problema para que os usuários interpretem os símbolos no mapa topográfico e façam a correlação com os objetos existentes no mundo real. Entretanto, os resultados obtidos apontam que os usuários não habituados com representações 3D não

realizam qualquer transformação perspectiva entre as vistas e os símbolos são entendidos próximos ao esboço primário da imagem.

A observação dos croquis também evidencia que nos mapas 3D os pontos de referência adotados com maior frequência são aqueles que se encontram acima do MDT, ou seja, casas e árvores. Por outro lado, ao usar mapas com a representação convencional os croquis assumem o ponto de vista exocêntrico e as representações passam a ser agrupadas por área e não mais por símbolos individuais.

A forma como os croquis foram desenhados encontra justificativa em dois pontos da teoria desta tese. A primeira é consequência da proposição do teste. Cada participante tinha apenas 1 minuto para analisar a imagem e selecionar os pontos de referência. O pouco tempo de exposição evita, ao menos em partes, o efeito de habituação, ou seja, evita que a representação interna na memória de curto prazo seja elaborada e processada com informações adicionais de experiências anteriores com mapas 3D. Como consequência do curto período de exposição, os croquis apresentam poucas feições e estas feições são bastante generalizadas em relação ao símbolo apresentado.

A segunda se refere ao ponto de vista estático aplicado para as imagens. Na vista egocêntrica, a não movimentação da câmera permite ao usuário avaliar somente um lado do símbolo. Isto remete à teoria de Marr (ver capítulo 6) que afirma que a construção da representação interna de um objeto, neste caso um símbolo individual, passa pela necessidade da exposição continuada e em detalhes do símbolo. Pode-se supor que a pequena exposição criou nos participantes uma imagem 2,5 e que a passagem de uma vista 3D para 2D, na verdade, apresente maiores dificuldades. O interpretante, segundo a teoria de Pierce, é a imagem do objeto ou elemento que é armazenada na memória. Em outras palavras, o participante tende a repetir a forma observada ao invés de imaginar a forma que o símbolo teria se ele pudesse rotacionar o objeto ou a cena.

Estas duas afirmações concordam com a verbalização de um dos participantes no teste 1, ao afirmar nas gravações que sentia dificuldade em passar da vista perspectiva para planta.

Um terceiro fator que se destaca nesta discussão é a associação dos símbolos pelo participante e os critérios de agrupamento pela Gestalt. Em 95% dos croquis desenhados a partir das imagens 3D, as representações das árvores e das casas não foram percebidas como grupo. A distribuição espacial destas feições não foi percebida como parte de um conjunto ou de uma mesma classe, mas como feições individuais. Neste caso se destacam os conceitos da Gestalt de agrupamento e separação figura-fundo como possíveis consequências das soluções visuais adotadas na representação:

- Agrupamento (*Gestalt*): a maioria das distribuições dos elementos acima do MDT não foi entendida como grupo no mapa 3D. Uma das razões pode ser encontrada na variação da proximidade entre os símbolos de cada classe ou subclasse. As figuras mais afastadas do ponto de observação parecem mais juntas ao passo que as figuras mais próximas aparecem mais distantes umas das outras. Ainda assim, estes objetos não foram vistos como ocupando certo espaço na representação.

Alguns participantes do *Think Aloud* expressaram que alguns símbolos pareciam flutuar no MDT. Neste caso, a iluminação da cena é responsável pela geração de sutis diferenças na aparência da cor de acordo com a posição e orientação do símbolo e da câmera. A heterogeneidade, neste caso fica prejudicada por estas variações. Este parâmetro é de difícil modelagem e controle para todos os casos. Além disso, a partir de um único ponto de vista só é possível perceber um lado da distribuição, o que pode ter dificultado o entendimento destas feições. Uma alternativa seria alterar a escala da simbologia em relação a distribuição espacial dos símbolos, como forma de aumentar a densidade de símbolos individuais em uma região restrita do mapa e, dessa forma, se aproximar da imagem de uma carta 2D. Além disso, será preciso avaliar o uso do movimento da câmera como forma de interação com o mapa 3D;

- Identificação (*Gestalt*): Nesta análise a identificação é entendida como a detecção e a discriminação de objetos na cena perspectiva. Alguns participantes desenharam croquis com erros de identificação das feições. Porém, isso não é atribuído a problemas com a forma dos símbolos, mas como resultado de amarração das suas representações

internas a feições específicas processadas pelo leitor do mapa. A forma dos símbolos foi trabalhada para que o interpretante estivesse próximo à feição representada. Neste caso, o equívoco não é da identificação e reconhecimento no momento da leitura do mapa, mas é efeito da aplicação de processamentos na memória de curta duração. Por exemplo, dois participantes confundiram áreas de replantio no teste 2.3 com casas;

- Percepção (*Figura-fundo*): O tom cinza escolhido como a cor do céu em algumas representações nitidamente atrapalhou alguns usuários. A diminuição do contraste relativo pode ser detectada em três momentos:
 - Iluminação geral da cena: a influência da cor do céu altera a iluminação da cena. Os símbolos parecem ter menor valor de cor. Associado à variação de escala ao longo da linha de visada, os símbolos mais distantes do ponto de observação perderam nitidez, de forma que os mesmos não foram adequadamente percebidos ou foram ignorados nas imagens com céu escuro. Durante os testes com esta variável visual e a variável tamanho, este problema ficou evidente, pois vários participantes erraram a identificação dos pontos de destino, ou não conseguiram perceber sua existência. Esta situação foi corrigida ao se apresentar as mesmas representações com o céu em azul.
 - Ponto de vista: A orientação da câmera em relação à posição do ponto focal principal de iluminação, que representa metaforicamente o sol, apresenta influências na capacidade dos leitores do mapa em perceber adequadamente as cores dos elementos que estão acima do MDT. As sombras dos símbolos ao mesmo tempo em que funcionam como ferramenta de orientação alteram a percepção da cor das feições no seu entorno.
 - Reflexão dos objetos: este fator é produto do tipo de construção realizada no *Blender*. Os símbolos têm de ser definidos com alguma reflexão em função da simulação dos materiais utilizados na sua construção. O programa entende que analogamente ao mundo real cada objeto é composto de materiais com

características próprias como textura, reflexão especular, reflexão difusa, entre outras. Nos mapas 3D usados nos testes, a simbologia apresentou uma reflexão difusa não intencional. Ainda que nenhum participante tenha indicado problemas, isto deveria ser corrigido no MDT por dar a impressão de que existe outro ponto focal de iluminação (ver figuras no Anexo III).

Dessa forma, os resultados destacam a forte influência que o ponto de vista exerce na identificação e reconhecimento de um símbolo.

Além da perspectiva apresentada nos croquis, muitos desenhos não tem relação direta com a forma dos símbolos sendo estas, às vezes, substituídas por novas representações. Isto ocorreu em 23 croquis. A figura 69 apresenta alguns desses casos.

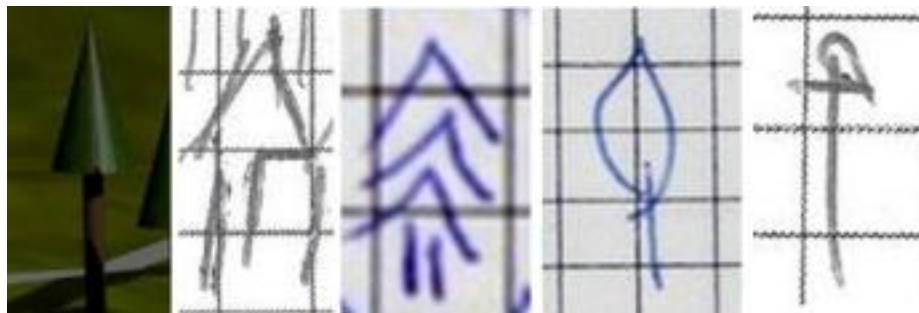


FIGURA 69: DIFERENTES REPRESENTAÇÕES DA SIMBOLOGIA DO MAPA 3D
FONTE: Autor

Enquanto que as duas primeiras é possível reconhecer as características do ponto de referência, nas duas imagens à direita não é possível fazer distinção de qual subclasse de vegetação está representada. Analisadas as representações das demais classes nos 179 croquis coletados nas três sessões de teste, existem indícios para afirmar que os resultados se devem a processos internos para armazenamento da informação básica. Isto permite considerar que a posição de um símbolo na representação em relação aos demais pode ser mais importante que outras variáveis visuais, como a forma, se adotada a proposição da simbologia desta pesquisa.

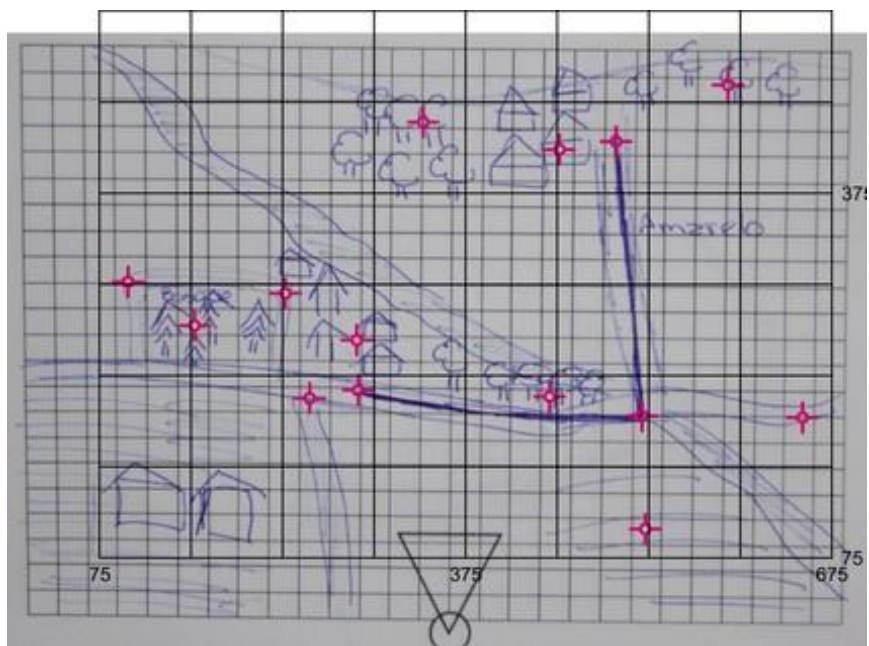
c.1. Análise do teste 1

Um fator que pode ter influenciado a preferência dos participantes pela imagem com ângulo de abertura de 42° é a disposição das feições parcialmente concentradas no centro da imagem. Dessa forma, pequenas variações no campo de visada geram um efeito de distanciamento de todo o conjunto de feições e não a impressão de mudança significativa na posição relativa entre os símbolos (ver imagens do teste 1 nos Anexos). Entretanto, alguns participantes afirmaram que a primeira imagem exibida foi suficiente para encontrar o cumprimento da tarefa. Estes usuários focaram sua atenção na seleção do primeiro caminho que lhe chamasse a atenção e não se preocuparam em analisar a distribuição espacial no entorno. Dessa forma, se disseram confortáveis para desenhar o croqui em um tempo de leitura relativamente menor aos demais. Entretanto, ao realizar o croqui estes participantes não conseguiram lembrar outros detalhes, exceto o caminho em si. Isto é uma aplicação da atenção seletiva despertada pela tarefa a ser cumprida.

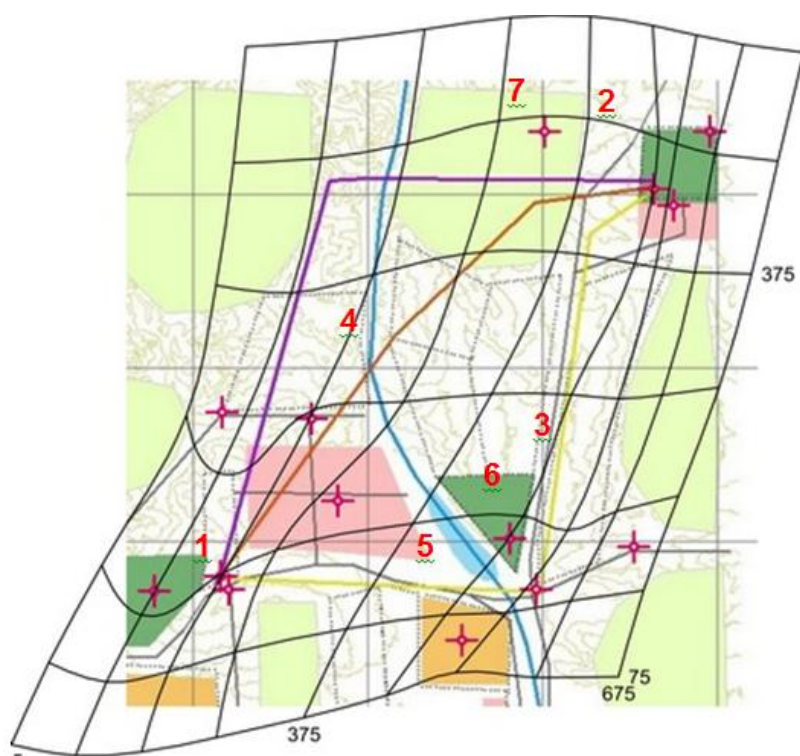
Para estes participantes o que despertou sua atenção foi o símbolo definido para o caminho, ou seja, uma linha colorida posicionada no centro da imagem. Este efeito foi primeiramente observado nos testes conduzidos por Schmidt e Delazari (2010) nos quais as representações das estradas segundo a cartografia convencional (uma linha vermelha sobre o MDT) influenciou os participantes do grupo de teste, de modo que a maioria deles apenas seguia a linha sem dar atenção aos pontos de referência do entorno.

Outro ponto de destaque é que as feições concentradas próximas à linha de visada da câmera tendem a ser lembradas com maior facilidade, desde que sejam discrimináveis. Isto pode ser percebido na figura 70a. Com efeito, o número de feições representadas ao longo da linha de visada, que no mapa 3D parte do ponto 1 até as proximidade de onde está o ponto 2, é maior do que nas áreas à direita ou esquerda desta linha. Estes indícios revelam que a atenção seletiva tem maior intensidade no centro da cena.

A figura 70b apresenta a análise comparativa do MapAnalyst de um dos croquis realizados durante o teste e a carta topográfica convencional equivalente à 3D. Nesta imagem é possível se observar os pontos identificados para relacionar as duas imagens através da transformação de Helmert.



a)



b)

FIGURA 70: a) CROQUI REALIZADO POR PARTICIPANTE E b) IMAGEM RESULTANTE DO MAPANALYST

FONTE: Autor

Ainda que não exista rigor geométrico na colocação de todos os pontos de controle desta análise pelas diferenças entre as representações, o resultado

(a grade que sobrepõe o mapa topográfico de controle) permite identificar alguns aspectos do croqui:

- a) O ponto 1 destaca que a rotação do mapa não é homogênea, pois quanto mais perto do ponto onde a câmera estava posicionada maior a rotação da grade no sentido horário, ou seja, mais próxima a linha de visada;
- b) O ponto 2 indicado no mapa de controle é o ponto de chegada de todos os caminhos mostrados no teste. No croqui o participante deslocou este ponto de chegada para a parte superior da área de desenho. A maior parte dos participantes (83,6%) apresentou a mesma rotação no desenho. Isto pode indicar que a orientação do croqui é influenciada pela convenção do norte ser representado na parte superior das cartas topográficas;
- c) O participante indicou o caminho amarelo como sendo mais curto, enquanto a resposta correta seria o caminho laranja.
- d) O ponto 4 apresenta o efeito de uma simplificação aplicada ao contorno do rio. A linearização de feições é efeito dos processos internos e tendem a fazer parte do esboço primário na memória de curta duração. O aumento do detalhamento da representação, e a sua eventual correção, seriam possíveis com o aumento do tempo de interação com a representação. Esta simplificação evidencia que o rio não é um ponto de referência global para este participante.
- e) Os pontos 5 e 6 destacados apresentam erros de posicionamento (erro topológico) entre as posições da cidade, do rio e do pinheiral, pois o mesmo se encontra do lado errado do rio. Além destes, é perceptível uma distorção na orientação relativa entre o rio e a estrada.
- f) O ponto 7 representa uma redução da distância entre o ponto de chegada e o bosque representado à esquerda deste ponto. Esse efeito é uma compressão de escala.

c.2. Análises do teste 2

Nos testes com as variáveis visuais, os resultados foram influenciados pelas configurações de iluminação do céu e da cena. Estes dois fatores

contribuíram para alterar a percepção do usuário em relação a tons de cor e, como consequência, no contraste relativo para a separação da figura fundo.

Por outro lado, o número de acertos aponta que variações em valor de cor são mais influentes do que em forma e tamanho. Isto pode ser explicado pela característica dos símbolos. As variáveis forma e tamanho são bastante suscetíveis aos processos construtivos dos símbolos. Os resultados encontrados nos testes aplicados confirmam, ou repetem os resultados apontados por Forest e Castner (1985), MacEacren (1995), e outros, de que algumas variáveis visuais são mais importantes para localização e outras para comparação. Como a simbologia testada parte do princípio das cartas topográficas de referência geral, as semelhanças dos resultados são consideradas um fator positivo e que contribui para adoção desta estratégia de representação. A figura 71 apresenta a comparação entre um croqui desenhado a partir de um mapa 3D e um a partir da carta topográfica convencional pelo mesmo voluntário do teste.

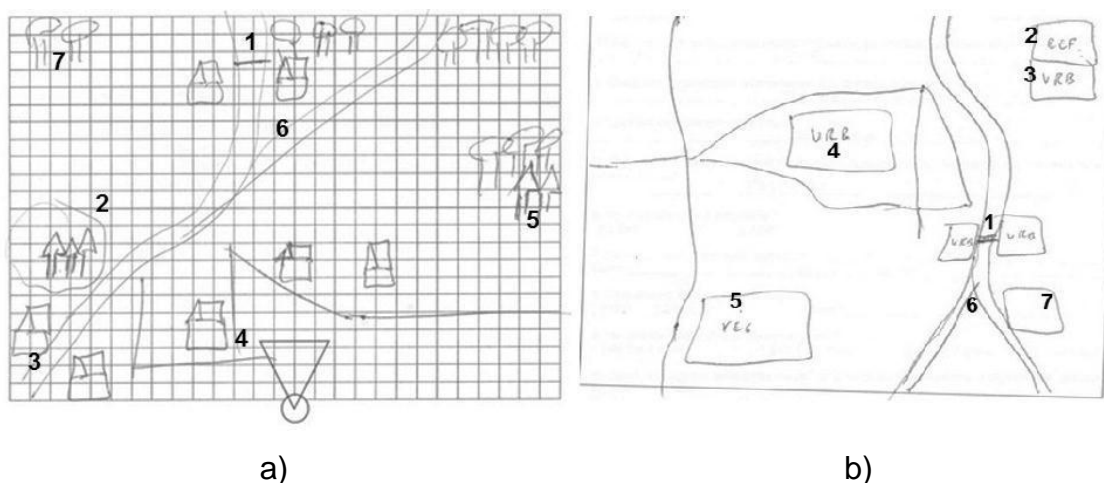


FIGURA 71: a) CROQUI DO MAPA 3D E b) CROQUI DA CARTA TOPOGRÁFICA 2D PELO MESMO PARTICIPANTE

FONTE: Participante do teste

O número 1 apresenta uma feição muito particular da representação, uma pinguela. No mapa 3D esta feição liga duas pequenas localidades. No croqui do mapa 3D esta feição e as casas que são ligadas por ela estão corretamente localizadas. Porém no croqui sobre a carta topográfica estas feições foram deslocadas para o ramo principal do rio antes da divisão.

Os números 2 e 3 apresentam feições que não constam no mapa usado para o teste com a variável forma, mas nos mapas 3D do teste 1.1 e do teste 1.2. Isto evidencia que este usuário, após sucessivas exposições ao mapa 3D sob diferentes orientações conseguiu concatená-los em um único mapa representativo da região e conseguiu expor algumas feições remanescentes dos testes anteriores neste croqui.

O ponto 4 indica a correta identificação e posição da área urbana, mas não das estradas nos dois croquis. O ponto 5 evidencia que na figura 72a a área de vegetação é vista como elementos individuais agrupados, ao passo que na figura 72b o usuário entende a feição como uma distribuição em área. O mesmo pode ser dito sobre o ponto 7. O ponto 6 indica a bifurcação do rio. Esta feição foi representada em quase todos os croquis dos mapas 2D e 3D. Isto evidencia que a mudança brusca de direções foi tomada como ponto de referência pelos participantes do teste.

Comparando-se com o croqui sobre a planta topográfica pode-se verificar a inversão do norte no croqui do mapa 3D. Além disso, ao se analisar em conjunto com o *Think Aloud*, na carta topográfica convencional a distribuição da vegetação se torna mais evidente do que no mapa 3D, bem como a distribuição da área urbana.

c.3. Análises estatísticas

A segunda parte das análises avalia os efeitos de rotação dos croquis, o número de pontos de referência e a posição topológica dos mesmos. Para isso, em cada teste os croquis foram analisados e estes parâmetros foram transformados em vetores de frequências (de número de pontos de referência, topologia, orientação relativa) e comparados com as frequências equivalentes no croqui das cartas topográficas. Os valores obtidos para orientações relativas foram avaliadas com o MapAnalyst, segundo metodologia de análise de Dilleuth (2009), Wakabayashi (2011) e Reis et al (2011).

A estratégia desta metodologia foi identificar se existe significância entre estes instrumentos como forma de evidenciar que a simbologia proposta é adequada para a navegação considerando-se a comunidade usuária e seus hábitos de navegação. Para tanto, foram cruzadas as informações geométricas

na tabela 7, e na tabela 8 foram analisados os dados do número de pontos de referência com os hábitos de navegação.

Segundo Kruskal e Wallis (1952), valores extremos na distribuição lançam dúvidas sobre a hipótese nula. Ou seja, valores próximos ao nível de significância estabelecida para o teste (0,05) e valores próximos à zero (próximos 0,001) tornam-se valores críticos. Estes valores podem ser observados nas tabelas 7 e 8.

TABELA 7: Significância dos parâmetros geométricos
FONTE: Autor

SIGNIFICANCIA PELO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (5%) PARA PONTOS DE REFERÊNCIA DOS CROQUIS EM RELAÇÃO A CARTA TOPOGRÁFICA

	NUM PR	TOPOLOG	ORIEN. REL*
Teste 1 (ângulo de abertura)	0,9472	0,0188	0,0054
Teste 2.1 (valor de cor)	0,6662	0,0110	4,8677e-4
Teste 2.2 (tamanho)	0,4602	0,1075	0,4647
Teste 2.3 (forma)	0,2982	0,7179	0,00031

* Valores tomados com número diferente de participantes (n=15)

Os valores destacados em negrito na tabela 7 indicam que, pelos resultados obtidos nos testes, não há relação entre o número de pontos de referência identificados na carta 2D e 3D, ao passo que a sua posição topológica adequada é significativo para o teste de ângulo de abertura e o teste com a variável visual valor de cor.

Este resultado sugere que algum conhecimento em cartografia temática é importante para a correta interpretação do mapa 3D. Para verificação desta afirmação foram cruzadas algumas informações do formulário sobre instrução em cartografia e hábitos de navegação com a quantidade de pontos de referência identificados e suas posições topológicas (tabela 8). Nesta tabela valores críticos foram desconsiderados da análise.

No cruzamento das frequências da tabela 7 com as frequências dos formulários para grau de instrução e tempo de atuação profissional (A e B) foi encontrada correlação significativa entre o número de acertos na posição relativa dos pontos de referência para o teste 1 ($p < 0,0026$) e para o número de pontos identificados no teste com o valor de cor ($p < 0,0271$). Na tabela 8 são identificadas correlações positivas para a posição dos PRs nos testes de

tamanho e forma ($p < 0,0267$ e $p < 0,0108$, respectivamente). Estas variáveis visuais foram não significativas em relação ao número de PRs identificados.

TABELA 8: Significância entre pontos de referência e dados dos formulários
FONTE: Autor

SIGNIFICÂNCIA PELO TESTE DE KRUSKAL-WALLIS (5%) COM DADOS FORMULÁRIO E PONTOS DE REFERÊNCIA				
	NUM+A+B	POS+A+B	NUM+C+D	POS+C+D
T 1(ang. de abertura)	9,6665e-6	0,0026	2,0268e-8	0,0002
T 2.1 (valor de cor)	0,0271	0,0008	0,0012	1,5828e-4
T2.2 (tamanho)	1,0453e-4	0,0527	3,4247e-7	0,0267
T 2.3 (forma)	3,5286e-6	0,0705	2,6536e-8	0,0108

A – Grau de instrução
B – Tempo de profissão
C – Costuma andar a pé
D – Costuma dirigir

Estas correlações corroboram os indícios levantados nos testes qualitativos de que as variáveis visuais contribuem para o correto reconhecimento dos pontos de referência. É importante salientar, contudo, que análises quantitativas não são as mais adequadas a este tipo de avaliação uma vez que não se pode padronizar o comportamento humano e suas reações. No entanto, estes resultados são utilizados nesta pesquisa como indicadores do relacionamento da proposição do projeto cartográfico e dos resultados obtidos.

Em relação à orientação relativa dos croquis, apresentada na tabela 7, existem indícios que o ângulo de abertura seja um fator significativo. Isto quer dizer que a variação no ângulo de abertura altera o entendimento da posição dos objetos quando comparados com o croqui da carta topográfica convencional realizada pelo mesmo participante. Os demais fatores não se apresentaram significantes.

Entretanto, esta coluna merece ser analisada com maior detalhamento. Em função da não possibilidade de relacionamento entre os croquis de todos os participantes esta análise foi realizada com apenas 15 formulários. Isto significa que os valores apresentados na tabela são apenas indícios de relacionamento e não devem ser considerados conclusivos. Apesar disso é recomendável não descartar os resultados, mas é necessário ampliar o volume

de testes modificando o grupo de testes com usuários mais homogêneos em relação aos critérios dos formulários.

Alguns usuários argumentaram que a carta topográfica impressa em preto e branco usada nos testes atrapalhou o seu entendimento da região. Porém a decisão de não adotar cores se justifica em amenizar a influência da demanda cognitiva da cor e fortalecer a discriminação das feições pela forma de modo a favorecer o entendimento da distribuição das feições de uso e ocupação do solo e estradas. Mesmo assim alguns usuários tiveram dificuldades em lembrar da carta topográfica e, como resultado, alguns croquis resultaram em representações não realistas, motivo pelo qual a análise de orientação ficou prejudicada.

Por outro lado, esta dificuldade com a carta topográfica convencional, sob a luz das análises realizadas, sugere que a demanda cognitiva para decodificar a simbologia na carta topográfica 2D é superior à do mapa 3D, semelhante aos resultados encontrados por Schmidt e Delazari (2010). A necessidade de codificação da simbologia na carta 2D exige que o usuário decodifique a representação da feição antes de relacioná-la em sua representação interna.

Entretanto, as limitações da vista 3D prejudicam o desenvolvimento de um mapa único da área, de forma a exigir mais tempo de interação do que com a o mapa em vista exocêntrica. Os indícios coletados nos testes apontam que os participantes, de maneira geral, não conseguiram concatenar as quatro vistas usadas nos testes 1 e 2 em um único mapa representativo da área. A maioria dos participantes percebeu cada vista 3D como uma representação semelhante, porém distinta das demais. A exceção foram aqueles estudantes e professores que trabalham com a produção de mapas propriamente e não com geodesia ou levantamentos. Isto pode ser atribuído ao uso desta proposição limitada a usuários específicos.

8. CONCLUSÕES

Esta pesquisa pretendeu demonstrar a potencialidade de aplicação dos princípios da cartografia temática na construção da simbologia para cartas topográficas tridimensionais. A aplicação de variáveis visuais na diferenciação de pontos de referência se mostrou válida no contexto de uma proposição pensada em termos de hierarquia visual e diferenciação destes pontos os pontos de referência com base na teoria de Lynch (1960), Vinson (1999) e Haeberling et al (2008). A partir dos resultados em relação ao número e posições dos PRs, e das discussões apresentadas, diversas conclusões podem ser derivadas.

Em relação às configurações da câmera, que funcionam no mapa 3D como uma metáfora dos olhos do usuário na realidade, não foi possível identificar evidências de que a variação de $\pm 4^\circ$ no ângulo de abertura das imagens altere a percepção dos participantes. Entretanto, o paradigma do mapa topográfico se fez presente ao se avaliar a presença da grade de referência. Isso significa que de maneira geral, os usuários preferem a presença da grade de coordenadas próximas ao MDT como forma de ancorar suas decisões espaciais. Esta metáfora de orientação não foi testada para modelos com grandes variações altimétricas, mas os participantes do teste apresentaram-se mais seguros em estimar posições, distâncias e orientações relativas com a presença da mesma. Uma alternativa para o uso da grade no modelo são as metáforas de orientação na interface mapa-usuário.

A orientação na interface foi objeto de estudo de Schmidt e Delazari (2010), e complementa a pesquisa desta tese. Os resultados apontam que a orientação na interface é uma estratégia válida quando se busca complementar uma simbologia pobre ou confusa da carta 3D, ainda que este tipo de artifício de orientação imponha maior demanda cognitiva sobre o usuário. Nos testes conduzidos pelos autores, através do uso concomitante de mapas digitais 2D e 3D, os usuários não conseguiram lembrar-se do caminho percorrido com o mesmo nível de detalhe do grupo que interagiu com o mapa 3D sem qualquer ferramenta de orientação.

Pelos resultados obtidos, os usuários, para chegar a tal nível de conhecimento de maneira consistente, teriam que gastar tanto tempo analisando os mapas associados quanto o fariam somente com o mapa em papel. A partir disto pode-se concluir que o usuário é capaz de navegar com mais eficiência utilizando simultaneamente dois pontos de vista (egocêntrico do mapa 3D e exocêntrico do mapa digital), semelhante ao que realiza no mundo real. Porém, isso não significa redução no tempo de uso do mapa ou aceleração no processo de aprendizagem das relações existentes entre os elementos da paisagem, sem estudar as representações por longos períodos.

A conclusão de ambas as pesquisas é que o hábito de navegar por caminhos diferentes influencia as representações internas tornando-as mais flexíveis e com menos deformações. Os usuários precisam acessar menos a memória de longo prazo, uma vez que são expostos a novos pontos de referência com maior frequência. Além disso, a eficiência com que os usuários de mapas 3D conseguem construir um mapa cognitivo único para toda representação depende da capacidade individual de localização, de definição de hierarquias, proximidade e limitar regiões.

Para as cartas 3D, o efeito perspectivo e as configurações da cena têm forte influência na percepção deste tipo de representação. Enquanto a associação do interpretando à forma do símbolo, ou seja, símbolos construídos com formas semelhantes ao objeto real facilitam a leitura do mapa, os problemas da vista oblíqua limitam a exploração espacial de regiões. Nas imagens desenvolvidas nesta pesquisa o ponto de vista fixo não permite que o usuário crie uma imagem tridimensional do objeto, mas apenas o contorno separado da imagem de fundo pelo contraste relativo.

Os resultados obtidos apontam que os usuários não habituados com representações 3D não realizam qualquer transformação perspectiva entre as vistas, e os símbolos são entendidos próximos ao esboço primário da imagem. Pode-se supor que o reduzido tempo de exposição fornecido pelo teste, cerca de 1 minuto por imagem, criou nos participantes uma imagem 2,5D e que a passagem de uma vista 3D para 2D, na verdade, apresente maiores dificuldades. Ainda assim, a posição das feições em relação à posição do observador também se mostrou um fator importante, pois se identificou maior

concentração dos PRs nas proximidades da linha de visada. Estes indícios apontam que a atenção seletiva tem maior intensidade no centro da cena.

Em alguns casos as edificações e árvores não foram percebidas como grupos, mas como feições individuais. Através dos resultados pode-se concluir que a não associação da simbologia em grupos pela maior parte dos participantes dos testes se deve a problemas de proximidade e tamanho relativo, conceitos da Gestalt, e à influência da iluminação no contraste relativo.

A iluminação da cena é um parâmetro de difícil modelagem e controle para todos os casos, tendo em vista que a orientação da câmera pode variar em relação ao ponto de iluminação. Dos diversos tipos de iluminação existentes deve-se buscar a combinação que apresente as menores alterações na percepção das cores nas diferentes posições da cena.

A proximidade e tamanho relativo estão relacionados à escala da representação. A proximidade se refere à distância entre os símbolos no MDT enquanto o tamanho relativo à variações na percepção de alturas. Ambas se modificam de acordo com o afastamento do ponto de vista, sendo uma ao longo da linha de visada e outra transversalmente. O controle destas variáveis e da iluminação exige conhecimento em cartografia e sensibilidade do cartógrafo para compensar estes efeitos.

Além da perspectiva, os efeitos de iluminação e sombra alteraram a percepção das variáveis visuais aplicadas nos testes. A cor do céu tem forte influência na percepção do valor de cor dos PRs, em especial naqueles símbolos mais afastados do ponto de vista do usuário. Mesmo quando os símbolos estavam localizados próximos à linha de visada, quase metade dos participantes dos testes não identificou a resposta correta com o céu cinza. O problema se repetiu com as variáveis visuais tamanho e forma. Quando o céu tem cor azul (tons claros) o número de identificações corretas aumenta bastante.

Neste contexto, a comparação das variáveis visuais adotadas nesta pesquisa revela que o valor de cor tem maior potencial para diferenciação de PRs, ao passo que a forma apresentou os piores resultados em todos os testes. O tamanho, para este fim, apresenta o inconveniente de sofrer forte influência das configurações de câmera, o que consequentemente atrapalha a

identificação de hierarquia de classes. Isto demonstra a dificuldade em se usar esta variável visual em mapas 3D.

Os resultados encontrados nos testes confirmam, ou repetem, os apontados por Forest e Castner (1985), MacEachren (1995) e outros, de que algumas variáveis visuais são mais importantes para localização e outras para comparação. Ou seja, assim como em mapas 2D, a aplicação das variáveis visuais da cartografia temática auxilia a correta identificação de certas feições na busca visual, enquanto outras características como forma, posição e agrupamento contribuem para comunicar a espacialização do fenômeno.

As correlações estatísticas apresentadas nos resultados permitem considerar que, apesar das variáveis visuais utilizadas nesta pesquisa auxiliarem a busca visual de feições para serem selecionadas como PRs, a posição do símbolo e sua relação com o restante da representação pode ser mais importante do que sua aparência. Apesar destas correlações corroborarem os indícios levantados nos testes qualitativos é importante salientar, contudo, que análises quantitativas não são totalmente adequadas a avaliações, uma vez que não se pode padronizar o comportamento humano e suas reações. No entanto, estes resultados foram utilizados nesta pesquisa como indicadores do relacionamento da proposição do projeto cartográfico e dos resultados obtidos.

Finalmente, conclui-se que o objetivo final foi atingido. Através das proposições e testes desta teve foi possível comprovar, ainda que não de forma conclusiva para todos os parâmetros, que o projeto cartográfico de mapas 3D deve considerar o uso de conceitos da cartografia temática. O resultado são representações com grande poder de comunicação cartográfica e que se assemelham a comunicação realizada pela cartografia topográfica convencional.

8.1. TRABALHOS FUTUROS

Esta tese trabalhou sobre uma única proposição para cartas topográficas 3D. Em função do número de aspectos envolvidos, uma recomendação desta tese é que os parâmetros sejam testados separadamente com grupos de voluntários mais especializados de acordo com o parâmetro analisado. Durante

o desenvolvimento desta pesquisa houve um grande problema em encontrar um número suficiente de voluntários aptos a participar dos testes. Portanto, para que as análises apresentadas sejam conclusivas é necessário aumentar o volume de testes com grupos mais homogêneos de voluntários em termos de atribuição (grau de instrução, hábitos de navegação – andar ou dirigir).

Outro aspecto é a adoção do movimento como variável visual em mapas 3D. Mesmo sem o movimento da câmera as etapas do processo de navegação (aplicação dos esquemas de conhecimento) são as mesmas, ainda que as decisões baseadas no conhecimento procedural não sejam atualizadas durante o deslocamento. Ou seja, as etapas de autolocalização, rotação mental de mapas, percepção e interpretação, eleição de pontos de referência e concatenação em rotas podem ser estudadas sem a inclusão do movimento nas análises.

O efeito de movimentação de câmera faz com que os pontos de referência sejam alterados em relação às imagens estáticas. A alteração constante do ponto de vista pelo movimento da câmera exige que o usuário alterne sua ancoragem entre pontos locais e globais. Este efeito pode fazer com que os usuários detenham as posições relativas de um maior número de pontos de referência, ainda que existam problemas com o armazenamento da cor, escalas e orientações destes símbolos (Schmidt e Delazari, 2010). Estes últimos são minimizados à medida que o usuário do mapa tenha mais experiência com a representação. Além disso, não se conhece os efeitos de movimentação nesta alternância de pontos de referência.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEIGUELMAN, B. Curso Prático de Bioestatística - 4a ed. rev. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 1996. Disponível em: <http://www.cultura.ufpa.br/dicas/pdf/bioqui.pdf>. Acessado em: 15/02/2011.

BELL, S. e IONG, J. (2009). Sketch mapping and Geographic Knowledge: What Role for Drawing Ability?. Disponível em: www.rose.geog.mcgill.ca/ski/system/files/fm/2009/SBell_abstract.pdf Acessado em: 12-01-2011.

BILLINGHURST, M., E WEGHORST, S. (1995). The Use of Sketch Maps to Measure Cognitive Maps of Virtual Environments. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.8.6324> Acessado em: 12-01-2011.

BRANDOVA, T. 2009. Designing of symbol system for 3d city maps. Anais: Anais: 24th International Cartographic Conference. Santiago, Chile.

BRENNER, C. e SESTER, M. 2005. Cartographic generalization using primitives and constraints. Anais: 22th International Conference of Cartography (ICC 2005). Espanha: Global Congressos.

BROOKS, S. e WHALLEY, J.L. 2005. A 2D/3D Hybrid Geographical Information System. Anais: 3rd international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia. New Zealand. pp 323 – 330. ISBN:1-59593-201-1. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1101455> Acessado em: 04-12-08. Doi: 1-59593-201-1/05/0010

BURIGAT, S., CHITTARO, L. 2007. Navigation in 3D virtual environments: Effects of user experience and location-pointing navigation aids. Int. J. Human-Computer Studies 65 (2007) 945–958. doi:10.1016/j.ijhcs.2007.07.003.

BUXTON, B. E FITZMAURICE, G. W. 1998. HMDs, Caves & Chameleon: A Human-Centric Analysis of Interaction in Virtual Space. Anais: ACM SIGGRAPH: Interaction in 3D Graphics. Vol.32 No.4 November 1998

CARTWRIGHT, W.. 2008. Landmarks and the perception of a space in web delivered 3D-worlds. In: Cartwright,W.,Peterson, M.P., Gartner, G. Editores. Multimedia Cartography. ISBN-10 3-540- 36650-4

CHEN, Y. 2001. Map spatial cognition theory - the interface of cartography and cognitive science. Anais: 21th International Cartographic Conference (ICC2001). Pequim, China. Disponível em: http://icaci.org/documents/ICC_proceedings/ICC2001/icc2001/author_c.htm Acessado em: 12-01-2011.

CHITTARO L., BURIGAT S. 2004. 3D Location-pointing as a Navigation Aid for Virtual Environments. Anais: AVI 2004: 6th International Conference on Advanced Visual Interfaces, ACM Press, New York, 2004.Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1287990>. Acessado em: 02-08-09.

CHRISTOPHE S., ZANIN C., ROUSSAFFA H. 2011. Colours harmony in cartography. Anais do 25th International Cartographic Conference. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6. Acessado em: 02/08/2011. Disponível em www.icaci.org/publication

COORS, V. 2002. Resource-adaptive interactive 3D maps In: ACM International Conference Proceeding Series; Vol. 24. Anais: 2nd international symposium on Smart graphics. New York. pp 140 – 144. ISBN:1-58113-555-6. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=569026> Acessado em:04-12-08. Doi: 1-58113-555-6/02/0600

CRUZ-NEIRA, C., SANDIN, D.J., DEFANTI, T. A. 1993. Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. Anais: 20th annual conference on Computer graphics and interactive

techniques. Anaheim, CA. USA. pp 135 – 142. ISBN:0-89791-601-8. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=166134&dl=>. Acessado: 06-01-10.

DARKEN, R.P., & PETERSON, B. (2001). Spatial Orientation, Wayfinding, and Representation. Handbook of Virtual Environment Technology. Stanney, K. Ed.

DARKEN, R. P, E SIBERT, J. L. 1993. A Toolset for Navigation in Virtual Environments. Anais: 6th annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology - UIST'93. ACM 0.89791.628-X. Atlanta, Estados Unidos. Disponível: www.acm.org. Acessado em: 18-08-09.

DAVIES, C., e PEEBLES, D. 2006. Strategies for orientation: The role of 3D landmark salience and map alignment. In: D. McNamara e G. Trafton (Eds.), Anais: Twenty-Ninth Annual Conference of the Cognitive Science Society. Mahwah, NJ: Disponível em IEEE web.

DELIKOSTIDIS, I. e VAN ELZAKKER, C.P.J.M. 2009. User-centered mobile navigation system interface development for improved personal geoidentification and navigation. Anais: 24th International Cartographic Conference. Santiago, Chile.

DILLEMUTH, J.A. 2009. Navigation Tasks with Small-Display Maps: The Sum of the Parts Does Not Equal the Whole. Cartographica, V 44, issue 3, pp. 187–200. doi:10.3138/carto.44.3.187

DÖLLNER, J., BAUMANN, K., HINRICHS, K. 2000. Texturing Techniques for Terrain Visualization. Disponível em: http://www.evl.uic.edu/cavern/rg/20040525_renambot/Visualization-papers/papers/00/00885699.pdf Acessado em:04-12-08 Doi: 0-7803-6478-3/00 IEEE

DÖLLNER, J., KERSTING, O. 2000. Dynamic 3D Maps s Visual Interfaces for Spatio-Temporal Data. Anais: Symposium on GIS, Washington, D.C., USA. ACM ISBN 1-58113-319-7/00/0011. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=355291> Acessado em: 04-12-08

DYKES, J.A., MOORERB, K.E., FAIRBAIRN, D. 1999. From Chernoff to Imhof and Beyond: VRML and Cartography. Anais: VRML 99. Paderborn Alemanha, ACM . Disponível em: Acessado em: Doi: 1-58113-079-1~99~02

EBNER, M. 2007. Color Constancy. John Wiley & Sons Ltd.West Sussex. Inglaterra. ISBN 978-0-470-05829-9

FORREST, D.; CASTNER, H.W. 1985. The design and perception of point symbol for tourist maps. The Cartographic Journal. vol.22, p.23-30.

FOSSE,J. M. 2008a. Proposta de Orientação Geográfica para as Representações Cartográficas Tridimensionais. Curitiba. 104 p. Tese de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas – Universidade Federal do Paraná.

FOSSE, J. M., CENTENO, J. A. S., SLUTER, C. R. 2008b. Proposta de Orientação Geográfica para as Representações Cartográficas Tridimensionais. Anais: II Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologia da Informação. Recife.

GARCIA, F.A.V., IBÁÑEZ, L.A.H., PENA, J.T., SEOANE,A., LÓPEZ,R., JASPE, A. 2005. Gestión del tráfico mediante la integración de un gis con un sistema de navegación realista en 3d sobre el territorio. Publicação interna. Disponível em: http://videalab.udc.es/files/stuff/pdf/ITS2005_videalab.pdf

GLAUSER, C. e BIERI, H. 2003. From Road Maps To 3D-Scenes: A Reconstruction System. Anais: 19th spring conference on Computer graphics. Slovakia. Pp 263 – 272. ISBN:1-58113-861-X. <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1101455>. Acessado em: 04-12-08. Doi: 1-58113-861-X/03/0004

GOODLEDGE,R.G e GÄRLIN, T. 2003. Cognitive maps and urban travel. , Handbooks in Transport series. V5, pp 501-512, ISSN 1472-7889. Elsevier.

Disponível em: http://web.mit.edu/~asevtsuk/Public/fall2010/Advance_Seminar_in_City_Form_Fall2010/readings/class4/Golledge%202003%20Cognitive%20Maps%20and%20Urban%20Travel.pdf. Acessado em: 23-03-2010

GOODLEDGE, R.G. 1993. Do People Understand Spatial Concepts: The Case of First-Order Primitives Reginald G. Golledge. Working Paper UCTC No. 211. Disponível em <http://www.uctc.net/papers/211.pdf>. Acessado em 12-01-2011.

HAEBERLING, C. 1999. Symbolization in topographic 3D-maps: conceptual aspects for user-oriented design. Anais: 21th International Congress of Cartography, ICA. Ottawa. V.2.1037–1044.

HAEBERLING, C. 2002. 3D-map presentation: A Systematic Evaluation of Important Graphic Aspects. Anais: ICA Mountain Cartography Workshop “Mount Hood”. International Cartographic Association. Disponível em http://www.mountaincartography.org/mt_hood/pdfs/haeberling2.pdf Acessado em: 21/07/09.

HAEBERLING, C. 2004. Highly focused selected design aspects and graphic variables for 3D mountain maps. Anais: 4th ICA Mountain Cartography Workshop, Catalúnia, Espanha. Disponível em: www.mountaincartography.org/mt_hood/pdfs/haeberling1.pdf. Acessado em: 21/07/09.

HAEBERLING, C., BÄR, H., HURNI, L. 2008. Proposed Cartographic Design Principles for 3D maps: A contribution to an Extended Cartographic Theory. Cartographica v. 43. i.3. pp.175-188. Doi:10.3138/carto.43.3.175. Acessado em: 12-08-09. Disponível em: <http://web.ebscohost.com/ehost/pdf?vid=1&hid=102&sid=fdbb84ec-86ad-4835-945b-b4f1e54bd9a7%40sessionmgr111>

HAMPE, M., SESTER, M., HARRIE, L. 2004. Multiple representation databases to support visualization on mobile devices. International Archives of

Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 35 , Istanbul, Turquia. Disponível em: [http://www.ikg.uni-annover.de/en/staff/coworker/hampe/?tx_sixpack_pi1\[year\]=2004 ecHash=6d3116adcb](http://www.ikg.uni-annover.de/en/staff/coworker/hampe/?tx_sixpack_pi1[year]=2004 ecHash=6d3116adcb) Acessado em: 05-08-09.

HARROWER,M. E SHESSLEY,B. 2005. Moving Beyond Novelty: Creating Effective 3D Fly-Over Maps. Anais: 22th International Cartographic Conference Mapping Approaches into a Changing World. La Coruña, Spain, July 9-16, 2005. Disponível em: http://www.geography.wisc.edu/~harrower/pdf/ICA2005_paper.pdf. Acessado em: 24-07-09.

HILBRING, D. 2005. 3D-GIS Visualisierung in der Umweltinformatik. Alemanha, Karlsruhe: Universitätsbibliothek. ISBN: 3-937300-83-X.

HUBER,S., SIEBER, R.. 2001. From Flatland to Spaceland Concepts for Interactive 3D Navigation in High Standard Atlases. 20th International Cartographic Conference, Beijing.

HUBER, S. and SCHMID, C. 2003. 2nd Atlas Of Switzerland: Interactive Concepts, Functionality And Techniques. Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC) Durban, South Africa. ISBN: 0-958-46093-0

ISSMAEL, L. S. 2008. Cartografia Cognitiva: Um Instrumento de Especialização de Informações Geográficas. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geografia. 270p. Orientador: Prof. Dr. Paulo Márcio Leal de Menezes Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa de Pós-graduação em Geografia.

KAMENOFF, N. I. 1996. One Approach for Generalization of Real-Time Distributed Systems Benchmarking. Proceedings of the 4th International Workshop on Parallel and Distributed Real-Time Systems (WPDRTS '96). IEEE Computer Society Washington, DC, USA. 0-8186-7515-2/96 Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=837958> Acessado em: 25/08/09

KEATES, J.1988. CARTOGRAPHIC DESIGN AND PRODUCTION. Longman. Nova York.. 2ª ed. 261p.

KLIPPEL, A. 2003. Wayfinding Choremes – Conceptualizing Wayfinding and Route Direction Elements. Bremen: Universität Bremen. Tese: SFB/TR 8 Monographs; Bd. 1. ISBN 3-88722-590-2

KRAAK, M.J. 1988. Computer-assisted cartographical three-dimensional imaging techniques. Delft University Press, Delft. Disponível em: <HTTP://mapcontext.com/Fautocarto/proceedings/auto-carto-london-vol1/pdf/computer-assisted-cartographic-three-dimensional.pdf> Acessado em: 20-12-2010.

KRAFT, M.F. 2001. A Neural Optimal Controller Architecture for Wayfinding Behavior. Tese Computer Science and Psychology Department. Swarthmore College, USA. Disponível em: <http://www.ifi.uzh.ch/~krafft/papers/2001/wayfinding/html/node1.html>. Acessado em: 10-08-09

KRUSKAL, W. H. e WALLIS, W.A. 1952. Use of Ranks in One-Criterion Variance Analysis. Journal of the American Statistical Association, Vol. 47, No. 260. (Dec., 1952), pp. 583-621. Disponível em: <http://links.jstor.org/sici?sici=0162-1459%28195212%2947%3A260%3C583%3AUORIOV%3E2.0.CO%3B2-A>. Acessado em: 08/01/2012

LLOYD,R.E., BUNCH, R.L. 2008. Explaining map-reading performance efficiency: gender, memory, and geographic information. Jul 2008. Disponível em: http://findarticles.com/p/articles/mi_hb3006/ Acessado em 02-02-2011.

LLOYD,R.E., BUNCH, R.L. 2005a. Individual differences in map reading spatial abilities using perceptual and memory. Cartography and Geographic Information Science, Jan 2005. Disponível em: http://findarticles.com/p/articles/mi_hb3006/ Acessado em 02-02-2011.

LLOYD, R.E. 2005b. Assessment of simulated cognitive maps: the influence of prior knowledge from cartographic maps. *Cartography and Geographic Information Science*. Disponível em: http://findarticles.com/p/articles/mi_hb3006/is_3_32/ai_n29205326/, Acessado em: 12-08-2010.

LOBBEN, A.K. 2004. Tasks, Strategies, and Cognitive Processes Associated With Navigational Map Reading: A Review Perspective. *The Professional Geographer*, 56(2). pp 270–281. Association of American Geographers. Blackwell Publishing. Disponível em: http://geography.uoregon.edu/geocog/information/library/lobben_04_tasks.pdf Acessado em: 25-01-2011

LONGLEY, P.A., GOODCHILD, M.F., MAGUIRE, D.J., RHIND, D.W. 2005. *Geographical Information System and Science*. Inglaterra: John Wiley & Sons. ISBN: 0-470-87001-X.

MACEACHREN, A. 1995. *How Maps Work: Representation, Visualization and Design*. ISBN 0-89862-589-0. Guilford Press,. Estados Unidos.

MALINVERNI, E.S; CASSATELLA, G.; GENTILE, G.A. 2007. 3D City Model Geovisualized On Google-Earth. Anais: ICC 2007 – 23rd International Cartographic Conference. Moscow, Russia.

MENDONÇA, A. L. A. de. 2008. Avaliação de interfaces para mapas funcionais na web. Dissertação. Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. PP 189.

MESSING, R. e DURGIN, F.H. 2005. Distance Perception and the Visual Horizon in Head-Mounted Displays. Anais: ACM Transactions on Applied Perception, V. 2, N. 3, Pp 234–250. 1544-3558/05/0700-0234

MONDSCHIEIN, A., BLUMENBERG, E., TAYLOR, B.D.. 2005. Cognitive mapping, travel behavior, and access to opportunity. Anais: Presentation at

85th Annual Meeting of the Transportation Research Board. Disponível em: www.uctc.net/papers/753.pd Acessado: 12-01-2011

MOELLERING, H. 2007. Expanding the ICA conceptual definition of a map. Anais: ICC 2007 – 23rd International Cartographic Conference. Moscow, Russia, 4-9 August 2007.

MONTELLO D.R. 2002. Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches. Cartography and Geographic Information Science. V 29. N3. pp 283-304. Disponível em: www.geography.wisc.edu/histcart/v6initiative/12montello.pdf Acessado em: 23-11-2010.

NGUYEN, T. D.; ZIEMER, C.J.; PLUMERT, J. M.; CREMER, J. F.; KEARNEY, J. K. 2009. Effects of Scale Change on Distance Perception in Virtual Environments. Anais: APGV 2009, Creta, Grecia. ACM 978-1-60558-743-1/09/0009. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1620993.1620999> Acessado em: 20-02-2010

PAAY, J. E KJELDSKOV, J. 2007. A Gestalt Theoretic Perspective on the User Experience of Location-Based Services. Anais: OzCHI 2007, 28-30. Australia. Disponível em: <http://portal.acm.org/dl.cfm> Acessado em: 05-01-2010. ISBN 978-1-59593-872-5

PEGG, D. 2009. Design Issues with 3D Maps and the Need for 3D Cartographic Design Principles Research Project (Cartography) Anais: 24th International Cartographic Conference. Santiago, Chile.

PETROVIČ, D. 2003. Cartographic Design in 3D Maps. Anais: 21th International Congress of Cartography, ICA. South Africa.

PETROVIČ, D., MAŠERA, P. 2004. Analysis of user's response on 3d cartographic presentations. Anais: 7th meeting of the ICA Commission on Mountain Cartography, Bohinj, Slovenia. Disponível em;

www.mountaincartography.org/...06/16_Petrovic_Masera.pdf Acessado em; 10-09-2008.

PIMENTEL,J.; BATISTA,N.; GOES, L.; DIONÍSIO, J. 2001. Construção e gestão da complexidade de cenários urbanos 3D em ambientes virtuais imersivos. Anais: 10º Encontro Português de Computação Gráfica, ISCTE, Lisboa, Portugal. Sessão 6: Ambientes Virtuais. Acessado em 20/04/2010. Disponível: <http://virtual.inesc.pt/10epcg/index.html>

PINKER, S. 2009. Como a Mente Funciona. Companhia das letras. 2ª edição. ISBN 978-85-7164-846-3

PIRES, M.I. DOS S., SLUTER, C. R., VEIGA, L.A.K., GARCIA, L.S. 2007. Analysis of the cartographic symbols of a pocket pc tourist map. Anais: IADIS International Conference WWW/Internet 2007. Disponível em: www.iadis.net/dl/final_uploads/200712C093.pdf Acessado em: 24/01/2011.

PODOLSKAYA, E. S., ANDERS, K.-H., HAUNERT, J.-H., SESTER, M. 2007. Quality assessment for polygon generalization. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 34,. Disponível em: http://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/ikg/staff/publications/Konferenzbeitraege_full_review/PodolskayaAndersHaunertSester_2007.pdf Acessado em: 12-08-09

POMERANTZ, J.R., PORTILLO, M.C.2010. Perceptual Organization: Vision. In: Encyclopedia of Perception. Org. GOLDSTEIN, E.B. V. 1 e 2. SAGE: Estados Unidos. ISBN 978-1-4129-4081-8.

PRADO J.P.B., SLUTER C.R., STAMATO L.D. 2011. Knowledge schemata of soil scientists for devising soil sampling schemes. Anais do 25th International Cartographic Conference. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6. Acessado em: 02/08/2011. Disponível em www.icaci.org/publication

RAHEJA, J.L. 2007. Recognition of 3D settlement structure for generalization. Tese. Institut für Photogrammetrie und Kartographie Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Technischen Deutsch National Bbliothek, Universität München. Alemanha. Disponível em: <http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=974167223> Acessado em: 25/08/09

REIMER A. 2011. Squaring the circle: bivariate color maps and jacques bertin's concept of 'disassociation'. Anais do 25th International Cartographic Conference. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6. Acessado em: 02/08/2011. Disponível em www.icaci.org/publication

REIS Y., DECANINI M., PUGLIESI E., TACHIBANA V. 2011. sketch map analysis to study driver's needs of urban elements for selection of route guidance information. Anais do 25th International Cartographic Conference. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6. Acessado em: 02/08/2011. Disponível em www.icaci.org/publication

RINALDI, L.C.A., KUBO, M.M., RODELLO, I.A., SEMENTILLE, A.C., TORI, R., BREGA, J.R.F. 2006. Ambientes Virtuais Dostrobuídos e Compartilhados. (cap) In: Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro: VIII Simposium on Virutal Reality. Editores: Tori, R., Kirner, C., Siscoutto, R. Belem, BR. Pp 60-78.

SANTIL (2008), F. L. DE P. 2008. Análise da percepção das variáveis visuais de acordo com as leis da gestalt para representação cartográfica. Tese do curso de pós-graduação em ciências geodésicas, setor de ciências da terra, universidade federal do paraná. pp 175. Curitiba, pr.

SCHMIDT, M.A.R. e DELAZARI, L.S. 2010. Proposta de metodologia para testes qualitativos de mapas 3D. Boletim de Ciências Geodésicas. Vol. 16, N. 4. UFPR.

SCHOBESBERGER, D. e PATTERSON, T. 2008. Evaluating the Effectiveness of 2D vs. 3D Trailhead Maps: A Map User Study Conducted at Zion National

Park, United States. 6th ICA Mountain Cartography Workshop: Mountain Mapping and Visualisation. Disponível em: www.mountaincartography.org/publications/.../schobesberger.pdf Acessado em: 16/08/09.

SCHOBESBERGER, D. 2009. Towards Principles For Usability Evaluation In Web Mapping - Usability Research For Cartographic Information Systems. Anais: 24th International Cartographic Conference. Santiago, Chile.

SCHRATT, A. e RIEDL, A. 2005. The potential of three-dimensional display-technologies for the visualization of geo-virtual environments. Anais: 22th International Cartographic Conference ICC2005. Disponível em: http://cartography.tuwien.ac.at/ica/documents/ICC_proceedings/ICC2005/html/pdf/oral/TEMA15/Session/ALEXANDER%20SCHRATT.pdf Acessado em: 06-01-2010.

SESTER, M. E NEIDHART H. 2008. Reconstruction of Building Ground Plans from Laser Scanner Data, Proceedings of the AGILE, Girona, Spain, 2008. Disponível em: http://www.ikg.uni-hannover.de/fileadmin/ikg/staff/publications/Konferenzbeitraege_full_review/SesterNeidhart_agile2008.pdf Acessado em: 12-09-2009

SESTER, M. ,HARRIE, L. E STEIN, A. 2011. Theme issue "Quality, scale and analysis aspects of urban city models", ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, vol. 66, no. 2, p. 155 - 156, 2011. Disponível em: <http://www.ikg.uni-hannover.de/index.php?id=sester&L=1#c63> Acessado em: 11-10-2011.

SLOCUM, T. Thematic Cartography and Visualization. 1.ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999. pp. 293.

SUOMELA, R. ROIMELA, K. e LEHIKONEN, J. 2003. The evolution of perspective view in WalkMap. Springer-Verlag London Limited. Pers Ubiquit Comput (2003) 7: 249–262. DOI 10.1007/s00779-003-0244-9. Disponível em:

<http://www.springerlink.com/content/xck7rjyth97w73tt/>. Acessado em: 10-03-2010.

TAN, D.S., ROBERTSON,G.G., CZERWINSKI, M. 2001. Exploring 3D Navigation: Combining Speed-coupled Flying with Orbiting. Anais: SIGCHI'01, Seattle, WA, USA. Copyright 2001 ACM 1-58113-327-8/01/0003. Volume No. 3, Issue No. 1 CHI2001 pp 418-425. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=365307> ISBN:1-58113-327-8 doi:10.1145/365024.365307 Acessado em:12-01-2011.

TERRIBILINI, A. 1999. Maps in transition: development of interactive vector-based topographic 3D-maps. Anais: 19th International Cartographic Conference. Session 22-B. Ottawa. Canadá.

TORY,M., MÖLLER, T., ATKINS, M.S., KIRKPATRICK, A.E. 2004. Combining 2D and 3D Views for Orientation and Relative Position Tasks. Anais: CHI 2004, V.6 N.1, Austria doi ACM:1-58113-702-8/04/0004.

VAN ELZAKKER,C. P. J.M. 2004. The use of maps in the exploration of geographic data. (Tese) Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/ Faculteit Geowetenschappen, Universiteit Utrecht / International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation. ISBN 90-6809-357-6. Labor Grafimedia b.v. – Utrecht, Holanda. Disponível em: <http://www.itc.nl/personal/elzakker> Acessado em: 12-12-08.

VAN TONDER, B. e WESSON, J. 2008. Using Adaptive Interfaces to Improve Mobile Map-Based Visualisation. Anais: Annual research conference of the South African Institute of Computer Scientists and Information Technologists ACM International Conference Proceeding Series. Vol. 338. Wilderness, South Africa. Pp 257-266. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1456659.1456689> Acessado em 24-07-09.

VINSON, N.G. 1999. Design Guidelines for Landmarks to Support Navigation in Virtual Environments. Anais: CHI '99. Pittsburgh, USA. pp. 278-285. Disponível em: <http://nparc.cisti-icist.nrc-cnrc.gc.ca/npsi/ctrl?action=rtdocean=9147118&article=12> Acessado em: 01-08-09

ZANOLA, S. 2009. The effect of realism on the confidence in spatial data quality in stereoscopic 3d displays. Anais: 25th International Cartography Conference – ICC2009. Santiago do Chile.

ZUFFO, M. K. 2001. A convergência da Realidade Virtual e Internet Avançada em Novos Paradigmas da TV Digital Interativa . Tese de Livre-Docência: Disponível em: <http://www.lsi.usp.br/interativos/nrv/publicacoes.html> Acessado em: 02-01-10.

WAGNER, D., MULLONI A., LANGLLOTZ T., SCHMALSTIEG D. 2010. Real-time Panoramic Mapping and Tracking on Mobile Phones. Anais: IEEE Virtual Reality Conference 2010 (VR'10). Disponível em: <http://www.icg.tugraz.at/Members/daniel/Publications/inproceedings.2010-03-17.2086376055/> Acessado em 27/07/2010.

WAKABAYASHI Y. 2011. Role of geographic knowledge and spatial abilities in map reading process: implications for geospatial thinking. Anais do 25th International Cartographic Conference. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6. Acessado em: 02/08/2011. Disponível em www.icaci.org/publication

WANG, J., e SCHWERING, A. 2011. The Accuracy of Sketched Spatial Relations: How Cognitive Errors Affect Sketch Representation. Disponível em : www.ifgi.uni-muenster.de/~j_wang05/pdf/WangSchwering_Final.pdf. Acessado em: 12-01-2011.

WERNER, S.; KRIEG-BRÜCKNER,; B. MALLOT, H. A.; SCHWEIZER, K.; FREKSA, C. 1997. Spatial Cognition: The Role of Landmark, Route, and Survey Knowledge in Human and Robot Navigation. Anais: Informatik '97, M Jarke, K Pasedach, K. Pohl (Hrsg.), Informatik aktuell, 41-50, Berlin: Springer-

Verlag. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.2.357> Acessado em: 02-08-09

WILKENING J.,e FABRIKANT S.I. 2011. The effect of gender and spatial abilities on map use preferences and performance in road selection tasks. Anais do 25th International Cartographic Conference. Paris, França. ISBN: 978-1-907075-0-6. Acessado em: 02/08/2011. Disponível em www.icaci.org/publication

WILLIAMS,B.; RASOR, T.; NARASIMHAM, G. 2009. Distance Perception in Virtual Environments: A Closer Look at the Horizon and the Error. Anais: APGV 2009, Creta, Grecia. ACM 978-1-60558-743-1/09/0009. Disponível em: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1620995&dl=GUIDE&coll=GUIDE&CFID=91824227&CFTOKEN=56456889> Acessado em: 20/03/2010.

URL:

_____. *National Resources of Canada* (NRC). 2004. <http://www.nrc-cnrc.gc.ca/fra/index.html>

_____. Blender Brasil, 2011. <http://www.blender.com.br/>

_____. StatSoft, Inc. (2011). *Electronic Statistics Textbook*. Tulsa, OK: StatSoft. WEB: <http://www.statsoft.com/textbook/>. Disponível em: <http://www.statsoft.com/textbook/> Acessado em 20/01/2011.

ANEXO I:

TABELA COMPARATIVA PARA CRIAÇÃO DE SIMBOLOS EM MAPAS 3D

FONTE: Autor.

HAEBERLING ET AL (2008)	VINSON (1999)	BRANDOVA (2001)
	<ul style="list-style-type: none"> - Um ponto de referência deve ser distinguível de objetos e outros pontos de referência próximos; - Os pontos de referência devem ter características que os distingam como um grupo; 	<ul style="list-style-type: none"> - O símbolo definido para uma classe de feição, pode ser feito de modo geral, a partir do qual pode-se adequar para fins específicos.
<ul style="list-style-type: none"> - O tamanho do símbolo deve ser definido de modo que ele possa ser identificado sem equívocos em primeiro plano ou ao fundo da cena 	<ul style="list-style-type: none"> - Os diferentes pontos de referência, em diferentes escalas, devem estar presentes e ser distintos entre si; - Os objetos utilizados como referências devem ser visíveis em diferentes escalas na representação. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Símbolos 3D melhoram a percepção perspectiva num mapa 3D, pois funcionam como dicas de profundidade (<i>depth cues</i>); 	<ul style="list-style-type: none"> - As faces dos objetos usados como pontos de referência devem ser diferentes umas das outras; 	
<ul style="list-style-type: none"> - Os símbolos podem ser construídos a partir de formas geométricas Simples (cones, cubos). 	<ul style="list-style-type: none"> - O poder de distinção de pontos de referência pode ser aumentado colocando outros objetos nas proximidades. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Objetos tridimensionais podem ter uma aparência realística, contudo sem serem fotorrealísticas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Na construção dos pontos de referência se deve utilizar objetos concretos e Não objetos abstratos. 	
<ul style="list-style-type: none"> - Padrões estruturais podem ser uteis para representar áreas; 	<ul style="list-style-type: none"> - Organizar os eixos de vias e arestas dos objetos usados como pontos de referências de modo a construir uma grade regular; 	
<ul style="list-style-type: none"> - Os padrões estruturais devem exibir bom contraste de cores (relação fundo-figura). 	<ul style="list-style-type: none"> - Alinhar os eixos principais dos pontos de referência com os eixos principais das rotas ou da grade; - Alinhar os eixos principais de cada ponto de referência com os dos outros pontos de referência. 	

Outros indícios:

- É essencial que o ambiente contenha vários pontos de referência.

- O ângulo de inclinação da linha de visada deve ser entorno de 45°.

- O azimute de iluminação de um modelo 3D do mapa deve menor que 90° ou maior que 270°.

- A representação de áreas e feições lineares permite uma representação familiar e de fácil interpretação;

- Símbolos tridimensionais pontuais são mais adequados para representações que contem imagens de satélite como textura.

- O tamanho de linhas e pontos Não deve cobrir visualmente grandes áreas do modelo;

- Símbolos pontuais podem ter tamanhos maiores que símbolos lineares;

- Os tamanhos dos símbolos devem ser definidos de modo que os símbolos Não encubram outros símbolos próximos.

- O aspecto geral do terreno pode ser enfatizado com o uso do exagero vertical no DTM.

- Os pontos de referência devem ser colocados nas rotas principais e nas interseções de rota.

- Um fundo de cor neutra, mesmo sem estrutura céu efeito da neblina;

- A adição de uma névoa rarefeita melhora a percepção de profundidade.

ANEXO II: QUESTIONÁRIO APLICADO NOS TESTES

INSTRUÇÕES PARA REALIZAÇÃO DOS TESTES

1. O (A) participante é voluntário (a) para a realização dos testes.
2. A participação dos testes Não infere qualquer ônus de qualquer natureza e nem estabelece qualquer relação entre o voluntário e o pesquisador que não a investigação científica.
3. Sugere-se que o(a) participante somente se apresente para os testes se houver real interesse, disposição e disponibilidade de tempo suficiente (entorno de 30 minutos).
4. O(A) participante pode desistir a qualquer tempo e seu teste será desconsiderado.
5. O(A) participante aceita ser filmado(a) e cede o direito de uso das imagens para fins desta pesquisa sendo assegurado a **não** divulgação de suas imagens sem o seu consentimento.
6. Ao participante serão explicadas as regras e procedimentos antes do início dos testes, o qual acorda mediante assinatura ao final deste documento.
7. A sessão de teste consiste de 4 etapas. Em cada etapa será solicitada o preenchimento de uma parte do questionário ou a elaboração de um croqui. Todos os testes tratam de uma tarefa de uso de mapas 3D em ambiente virtual não imersivo.
9. Em nenhum momento será permitida a interferência do pesquisador e/ou do aplicador dos testes, não importando quais dificuldades advenham da navegação em estado normal do sistema. Salvo na condição de o(a) participante ficar calado por mais de 30 segundos.
10. O tempo máximo para execução de cada teste é de 30 minutos.

Aceito os termos deste documento,

Nome:

Data: ____/____/____

QUESTIONÁRIO

PARTE I: CARACTERIZAÇÃO DO PARTICIPANTE

Numero do participante: _____

A - DADOS PESSOAIS DO ENTREVISTADO

1. Indique somente a formação mais alta.

☐ Graduação em andamento

☐ Graduação

☐ Mestrado

☐ Doutorado

Área de formação

☐ em Cartografia

☐ em Geografia

☐ em área correlata

2. Qual é o nome de seu empregador (organização, instituto, empresa, etc)?

3. Quais são as principais atividades do seu empregador?

4. Qual é a posição que você ocupa?

5. Quais são as atividades centrais da sua função (produção de mapas, ensino, levantamento, pesquisa, etc)?

6. Você atualmente é estudante?

☐ Sim

☐ Não

7. Se sim, a qual instituição pertence: _____

Curso: _____

8. Trabalha na área da sua formação?

☐ Sim ☐ Não

Cargo? _____

9. Há quanto tempo atua profissionalmente?

☐ de 1 a 3 anos

☐ de 4 a 7 anos

☐ + de 7 anos

☐ Não atuo

10. Você tem alguma deficiência visual? (e.g.: miopia, hipermetropia, astigmatismo, daltonismo)

☐ Sim ☐ Não

Se Sim, qual? _____

Usa lentes ou óculos para essa correção? ☐ Sim ☐ Não

B - USO DE MAPAS E INFORMÁTICA

11. Você já usou algum tipo de mapa?

☐ Não, nunca.

☐ Sim, poucas vezes.

☐ Sim, mas ocasionalmente.

☐ Sim, com frequência.

12. Você tem dificuldades com o uso mapas?

☐ Eu evito os mapas, pois me confundo e acabo por não encontrar as respostas de que necessito.

☐ Eu não tenho dificuldades para usá-los.

13. Você sabe o que são as tarefas de localização, orientação e navegação usando mapas?

☐ Sim ☐ Não

14. Você sabe executar estas tarefas geográficas usando mapas?

☐ Não, não consigo cumpri-las com êxito.

- ☐ Sim, mas tenho um pouco de dificuldade.
- ☐ Sim, sem problemas.

15. Você tem alguma experiência na produção de mapas topográficos?

- ☐ Não
- ☐ Sim, um pouco
- ☐ Sim, muito

16. Qual a sua frequência de uso de programas como Microsoft PowerPoint ou as funções de desenho do Microsoft Word em seu trabalho diário?

- ☐ Eu nunca usei o Microsoft PowerPoint
- ☐ Raramente
- ☐ As vezes
- ☐ Semanalmente
- ☐ Diariamente

17. Você já usou algum tipo de programa de computador que contenha as ferramentas de pan e zoom ou programas de desenho assistido por computador (Autocad, Corel, etc)?

- ☐ Não.
- ☐ Sim, poucas vezes.
- ☐ Sim, usei em diversas situações e estou habituado a ferramentas de navegação (zoom e pan).

18. Você já participou de um curso sobre cartografia ou produção de mapas fora do seu curso regular de formação?

- ☐ Sim, vá para a próxima questão
- ☐ Não vá para a Questão 22

19. Em caso afirmativo, quando e onde você participou de um curso de cartografia e quanto tempo durou o curso?

20. Você pode citar alguns exemplos de variáveis visuais? Em caso afirmativo, mencionar duas.

21. Quantas vezes você usa mapas (em papel ou digitais) no seu trabalho diário?

- ☐ Nunca
- ☐ Raramente ou às vezes
- ☐ Menos de uma vez por mês, mas ainda assim algumas vezes por ano
- ☐ Todos os meses
- ☐ Todas as semanas
- ☐ Todos os dias

22. Você tem alguma experiência com mapas tridimensionais?

- ☐ Não, esta é a primeira vez que vejo este tema.
- ☐ Sim, mas apenas na universidade (nas aulas de cartografia).
- ☐ Sim, faço uso através de sistemas como GPS para carros.
- ☐ Sim, me considero um usuário experiente nesta área.
- ☐ Sim, pois além de usar eu também sei gerar mapas 3D.

23. Se você utiliza mapas, você prefere utilizar mapas em papel ou digitais?

- ☐ Eu prefiro usar mapas em papel
- ☐ Eu prefiro usar mapas digitais
- ☐ Não tenho preferência, depende da situação

24. Em uma escala de 1 a 10, classifique o quanto você gosta de mapas (1 = mais baixo nível de satisfação, 10 = mais alto nível de satisfação).

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

25. Em uma escala de 1 a 10, por favor classifique quão competente você se considera no uso de mapas (1 = mais baixo nível de competência; 10 = mais alto nível).

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9 ☐ 10

26. Você constrói mapas para si?

- ☐ Nunca (passe para a pergunta 28)
- ☐ Raramente ou às vezes
- ☐ Menos de uma vez por mês, mas ainda assim algumas vezes por ano
- ☐ Todos os meses
- ☐ Todas as semanas
- ☐ Todos os dias

27. Se você construir mapas a si mesmo, como você faz isso? (Assinale mais de uma resposta se necessário)

- ☐ No papel (sem a ajuda de um computador)
- ☐ Às vezes eu desenho um mapa e solicito a alguém para construí-lo digitalmente
- ☐ No computador, com a ajuda de atlas interativos
- ☐ No computador, com a ajuda de um software GIS
- ☐ No computador, com a ajuda de softwares gráficos (Autocad, Corel)

C – NAVEGAÇÃO

28. Se você costuma caminhar, você varia o caminho?

- ☐ Não, costumo usar os mesmos caminhos sempre.
- ☐ As vezes vario o caminho, mas somente se tiver um motivo para isso.
- ☐ Frequentemente, pois gosto de conhecer novos caminhos.

29. Você costuma dirigir veículos automotores (carro, moto)?

- ☐ Não dirijo.
- ☐ As vezes eu dirijo.
- ☐ Dirijo com frequência.

30. Você costuma andar a pé pela cidade para fazer compras, ir ao banco, ou estudar?

- ☐ Não. Costumo andar somente de carro ou ônibus.
- ☐ As vezes, quando vou ao centro da cidade ou por lazer.
- ☐ Frequentemente ando a pé.

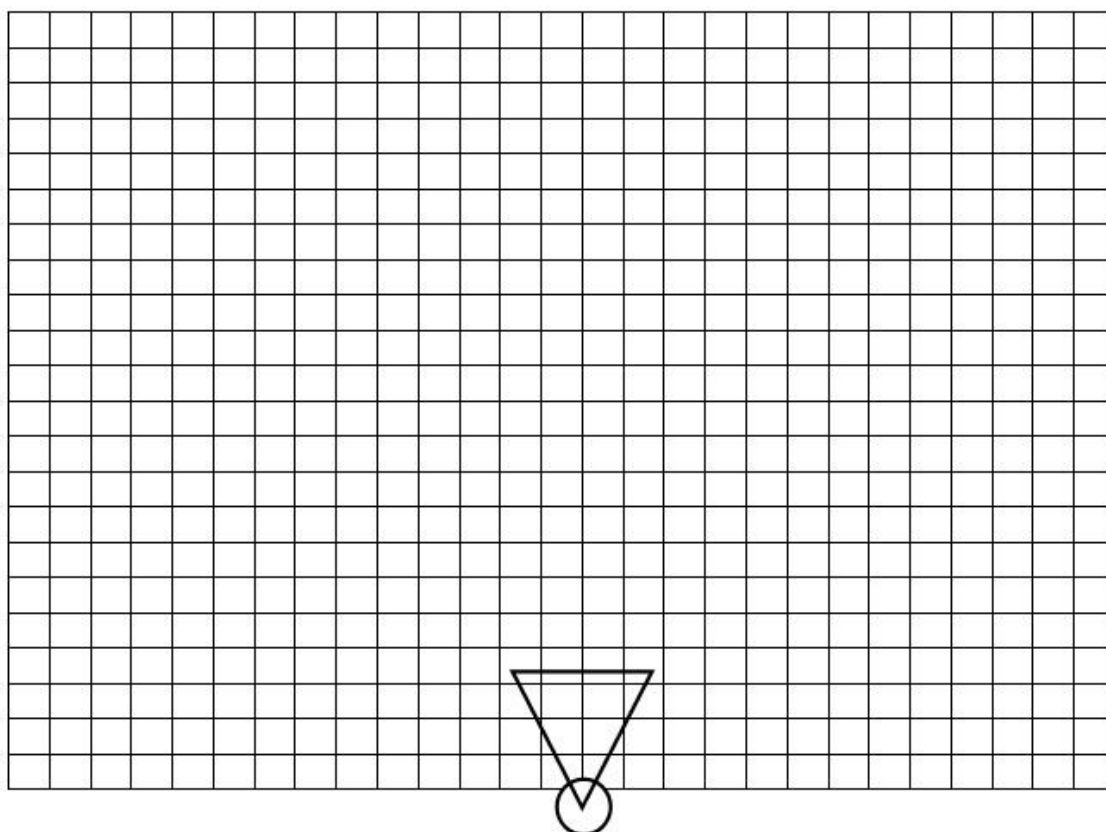
31. Você se perde com frequência em ambientes novos ou que visita com pouca frequência (shopping center, hipermercados, entre outros)?

- ☐ Não, nunca me perco.
- ☐ As vezes, mas nas primeiras vezes que visito o local.
- ☐ Frequentemente.

TESTE I:

Marque neste gabarito a sua estimativa da posição das feições na imagem observada. O símbolo marcado no Grid representa a posição e orientação da câmera.

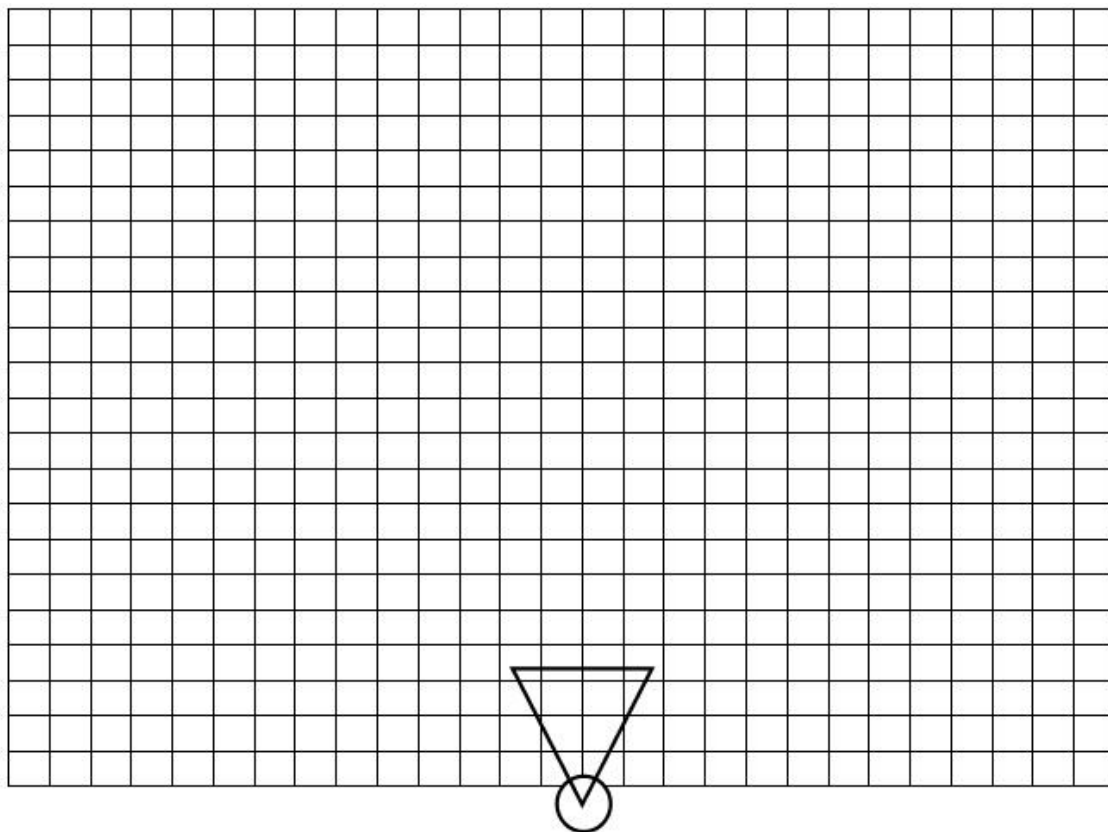
Teste número: _____ Folha número: [] 1 [] 2



TESTE II:

Marque neste gabarito a sua estimativa da posição das feições na imagem observada. O símbolo marcado no Grid representa a posição e orientação da câmera.

Teste número: _____ Folha número: [] 1 [] 2



TESTE III: INFORMAÇÕES ADICIONAIS

a. Você se sentiu desorientado em algum momento? Quando?

b. Comente suas impressões sobre a simbologia no contexto da navegação virtual

TESTE IV: LEITURA DE MAPAS CONVENCIONAIS

Analise a carta topográfica fornecida junto com o questionário por 3 minutos e depois desenhe o croqui da região destacando a bacia hidrográfica na área abaixo.



ANEXO III: IMAGENS APRESENTADAS NOS TESTES

Teste I

FOV = 42°



FOV = 46°



FOV = 50°



FOV = 46° com grade alta



FOV = 46ª com grade baixa



Teste II.1: Valor de cor

Carta geral sem variável visual



Carta geral com valor de cor



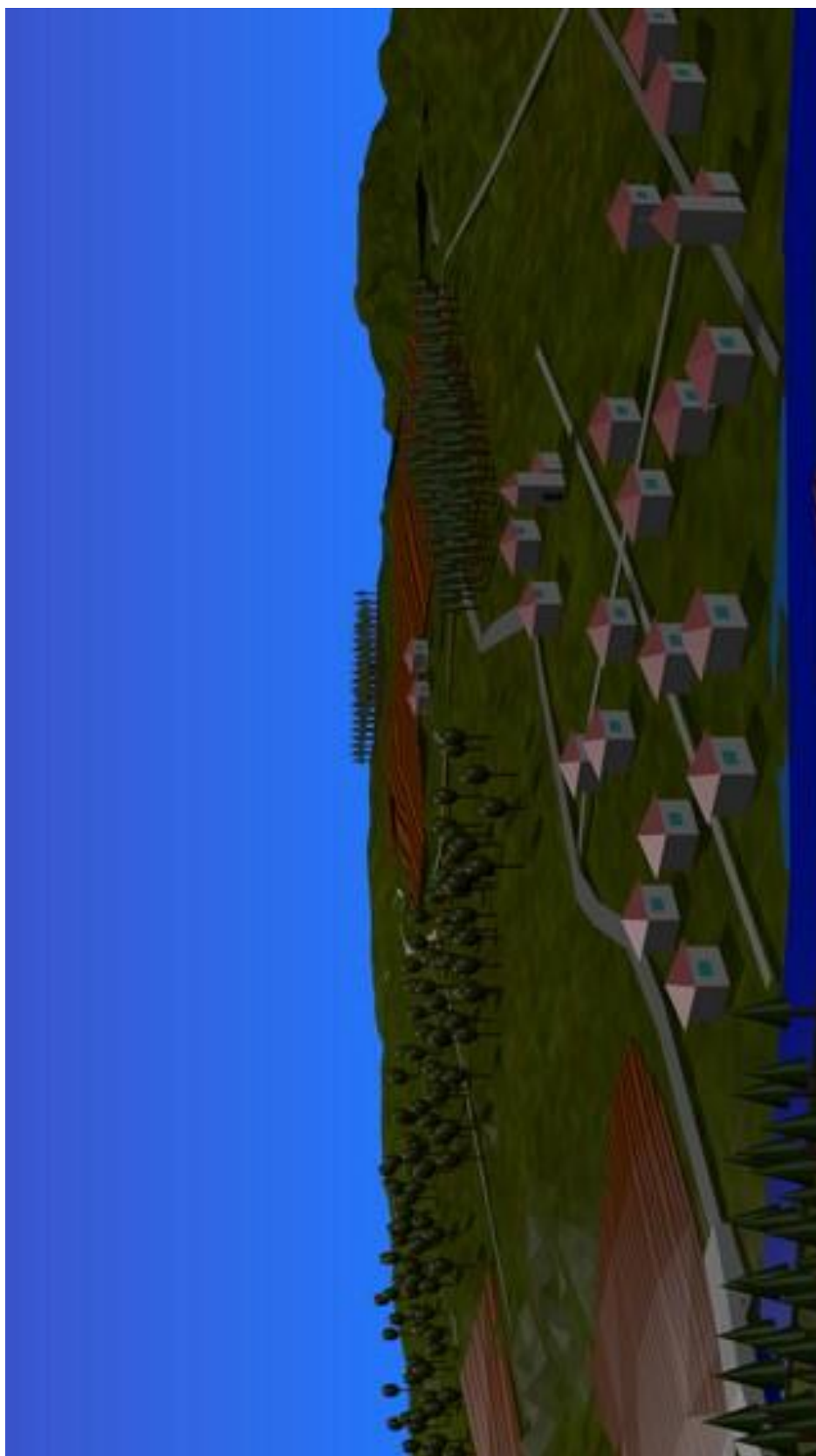
Carta geral sem variável visual



Carta geral com valor de cor



Carta geral sem variável visual



Carta geral com tamanho



Carta geral sem variável visual



Carta geral com tamanho



Teste II.3. Forma:

Carta geral sem variável visual



Carta geral com variável visual forma



Carta geral sem variável visual



Carta geral com variável visual forma



